

AALLOTETUT TERÄSPUTKET

SUUNNITTELU, RAKENTAMINEN JA KUNNOSSAPITO



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIENSUUNNITTELUTOIMISTO

TVH 722501

HELSINKI 1978

08
TIE-



78 282

A A L L O T E T U T T E R Ä S P U T K E T
SUUNNITTELU, RAKENTAMINEN
JA KUNNOSSAPITO

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIENSUUNNITTELUTOIMISTO
TVH 722501

Valtion painatuskeskus/Libris Oy

ISBN 951-46-1664-2

AALLOTETUT TERÄSPUTKET

SISÄLLYSLUETTELO

Sivu

ALKUSANAT

KÄSITTEITÄ

YHTEENVETO

1. JOHDANTO	1
1.0 Yleistä	1
1.1 Tehdyt tutkimukset	1
2. SUUNNITTELUN PERUSTEET	3
2.1 Teräsputkityypit	3
2.11 Muoto	3
2.12 Rakenne	6
2.2 Putken valinta	6
2.20 Yleistä	6
2.21 Hydraulinen mitoitus	7
2.22 Käyttötarkoitus	8
2.23 Pohjaolosuhteet	13
2.24 Veden ja maan laadun vaikutus	13
2.25 Muut tekijät	15
2.3 Vakiokoot	15
2.30 Yleistä	15
2.31 Rakenteiden tunnuksot ja poikki-	
leikkausarvot	15
2.32 Pienet putket ($b \leq 2000$ mm)	17
2.320 Yleistä	17
2.321 Pyöreät putket	17
2.322 Matalarakenteiset putket	18
2.33 Suuret putket ($b > 2000$ mm)	18
2.330 Yleistä	18
2.331 Elliptiset putket	18
2.332 Matalarakenteiset putket	19
2.333 Alikulkukäytävä-tyyppiset putket	19
2.4 Materiaalivaatimukset	20
2.41 Levymateriaali ja ruuvit	20
2.42 Sinkitys	20
3. SUUNNITTELU	21
3.1 Rakenteellinen mitoitus	21
3.11 Putkeen kohdistuvat kuormat	21
3.111 Maanpaine	21
3.112 Liikennekuorma	21
3.12 Voimasuureiden laskeminen	23
3.120 Yleistä	23
3.121 Normaalivoima	23
3.122 Taivutusmomentti	23
3.123 Maapohjassa syntyvät rasitukset	24
3.13 Varmuus	24
3.130 Yleistä	24
3.131 Putken seinämän murtuminen	24
3.132 Varmuus putken seinän murtumista	
vastaan	25
3.133 Pulttiliitosten varmuus	25

	Sivu
3.134 Ainevahvuus korroosiota vastaan	25
3.135 Varmuus maapohjan murtumista vastaan	26
3.14 Laskuesimerkki	26
3.2 Putken viiste ja suuntakulma	30
3.3 Pituus	30
3.4 Vierekkäiset putket	33
3.5 Perustaminen	33
3.50 Yleistä	33
3.51 Perustamistavat	34
3.52 Arinat	34
3.53 Putken korotus	38
3.6 Lisäsuojaus	38
3.7 Muut suunnitteluohjeet	40
3.71 Siirtymäkiila	40
3.72 Verhoukset	40
3.73 Tukimuurit	43
3.74 Kuivatus	43
3.75 Valaistuslaitteet ja kiinnikkeet	43
4. RAKENTAMINEN	46
4.0 Yleistä	46
4.1 Kaivannon teko	46
4.11 Kaivu	46
4.12 Kaivannon kuivanapito	47
4.2 Arinat	47
4.21 Suodatinrakenteet	47
4.22 Arinan tukirakenteet	48
4.3 Asennus	48
4.31 Asennusohjeet	48
4.32 Nostotapa	48
4.4 Täyttö	49
4.40 Yleistä	49
4.41 Täyttömateriaali	49
4.42 Ympäristäyttö ja tiivistäminen	50
4.5 Muut rakentamishjeet	53
4.6 Asennus veteen	54
4.60 Yleistä	54
4.61 Perustaminen	54
4.62 Putken asennus	54
4.63 Täyttö	54
4.7 Talvirakentaminen	55
5. RAKENTEIDEN HANKINTA JA VALVONTA	56
5.1 Rakenteiden hankintamanettely	56
5.2 Kuljetus ja vastaanotto	56
5.3 Laadunvalvonta	57
5.4 Tietojen rekisteröinti	57
6. KUNNOSSAPITO	60
6.0 Yleistä	60
6.1 Kuntatarkastukset	60
6.11 Tarkastusmenettely	60
6.12 Mittaukset	60
6.2 Kunnossapitotoimet	61
6.21 Lietteen poisto ja rummun sulatus	61

	Sivu
6.22 Kuivatus	61
6.23 Muita toimenpiteitä	61
6.3 Korjausohjeet	61
6.31 Sinkityksen korjaus	61
6.311 Pinnan puhdistus	61
6.312 Pinnan korjaus	62
6.32 Putken uusinta	63

ALKUSANAT

Tie- ja vesirakennushallituksen toimesta perustettiin vuonna 1976 työryhmä laatimaan selvityksen aallotettujen teräsputkien käytöstä tierakenteissa.

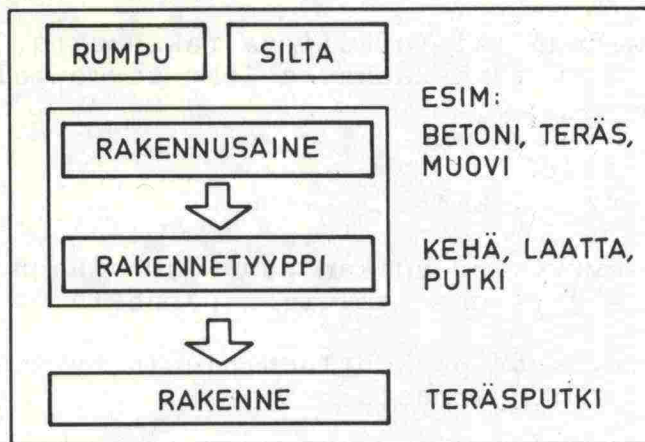
Selvitystä käytetään yleisten teiden ja soveltuvien osin myös valtion apua saavien yksityisteiden yhteyteen tulevien teräsputkien suunnittelussa, rakentamisessa ja kunnossapidossa.

Selvityksen laatimisesta on vastannut työryhmä, jonka puheenjohtajana on toiminut dipl.ins. Esko Hyytiäinen tie- ja vesirakennushallituksen suunnitteluosastolta, jäsenenä tstoins. Veli Alanko ja dipl.ins. Matti Kuusi-vaara suunnitteluosastolta, ins. Kalevi Toikkanen rakennusosastolta, yli-ins. Lasse Seppovaara käyttöosastolta, ins. Jorma Huura ja rkm. Tapani Lehtola tie- ja vesirakennuslaitoksen Hämeen piiristä sekä sihteerinä tekn.yo Hannu Kivelä suunnitteluosastolta. Geoteknisenä asiantuntijana on toiminut tstoins. Lars Björksten rakennusosastolta.

KÄSITTEITÄ

A. RAKENNE

Käsitteet on määrätty seuraavan kaavion mukaisesti:



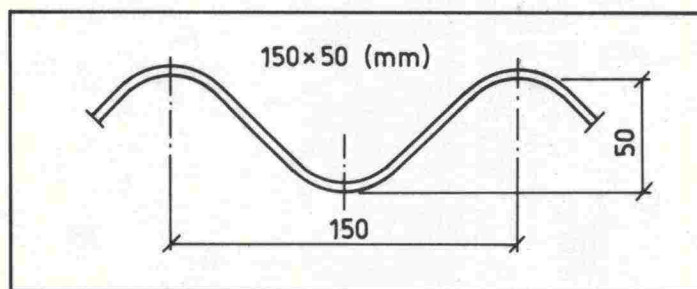
Rumpu on rakenne, joka johtaa veden tai tekee mahdolliseksi pääsyn tien alitse ja jonka vapaan aukon leveys on $< 2,0$ m.

Silta on rakenne, joka johtaa tien jonkin esteen yli ja jonka vapaan aukon leveys on $\geq 2,0$ m.

Betoniputki on yhteisnimitys teräsbetonista tai betonista valmistetulle putkelle.

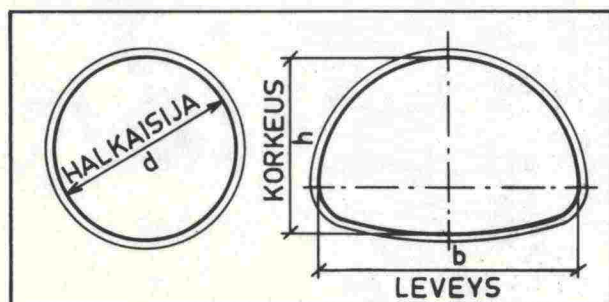
Teräsputki tarkoittaa näissä ohjeissa vesistössä ja alikulkukäytävänä käytettyä putkirakennetta, joka on valmistettu aallotetusta teräslevystä tai teräsnauhasta.

Aallotus eli profiili tarkoittaa teräslevyn tai - nauhan aaltomaista muotoa. Aallotuksen suuruus ilmoitetaan kuvan osoittamalla tavalla.



Halkaisija (d) mitataan putken sisältä.

Putken leveydellä (b) ja korkeudella (h) tarkoitetaan putken sisäpuolista leveyttä ja korkeutta.



Kaksilevy rakenne, putkipoikkileikkaus muodostuu kahdesta levystä.

Monilevy rakenne, putkipoikkileikkaus muodostuu kolmesta tai useammasta levystä.

Kierresaumaputki tarkoittaa rakennetta, joka on valmistettu teräsnauhasta joko saumaamalla tai hitsaamalla.

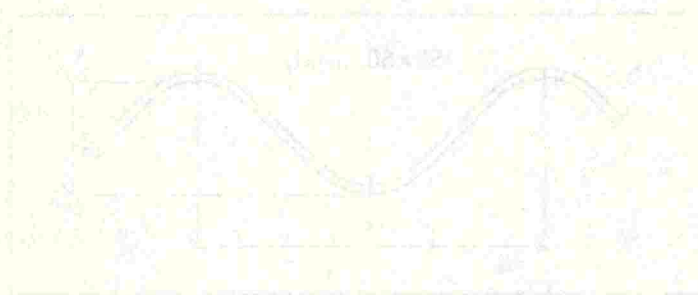
B. RAKENNUSPAIKKA

Asennussyvyys on putken perustamistason pystysuora etäisyys maan tai tien pinnasta.

Peitesyvyys on putken laen pienin pystysuora etäisyys tienpinnasta.

Suuntakulma on tien keskilinjan ja putken keskilinjan välinen kulma myötäpäivään mitattuna.

Viiste, putken viisteellä tarkoitetaan putken pään kaltevuutta, esim. tien luiskan kaltevuuteen.



YHTEENVETO

Aallotettuja teräsputkia käytetään tierakenteissa rumpuina, siltoina ja alikulkukäytävinä.

Aallotettuja teräsputkia on useita erilaisia muotoja ja kokoja. Sentähden on välttämätöntä selvittää ne tekijät, jotka vaikuttavat putkityypin valintaan. Teräsputkien osalta on kiinnitettävä erityinen huomio veden ja maan laadun tutkimiseen teräsputken lisäsuojaustarpeen selvittämiseksi. Lisäsuojauksella voidaan lisätä putken ikää huomattavasti. Putkikoko valitaan hydraulisen, liikenteellisen tms. mitoituksen jälkeen vakiokokotaulukoista, jotka on laadittu siten, että ne kattavat teräsputkien tavallisimman käyttöalueen.

Ohjeiden suunnitteluosassa on selostettu aallotettujen teräsputkien rakenteellinen mitoitus teoria. Mitoituksen perustana on ajoneuvoliikenteen tai kevyen liikenteen siltakuormien mukaiset kuormat. Näin putki voidaan mitoitaa olosuhteita vastaavaksi. Putkelle tulevat jännitykset lasketaan putken seinämän normaalivoimasta ja taivutusmomentista. Putki mitoitetaan siten, että sillä on riittävä varmuus murtumista vastaan sekä riittävä ainevahvuus korroosiota vastaan. Myös maapohjan murtumista vastaan on saavutettava riittävä varmuus. Putken sijoituksessa tulee kiinnittää huomiota putken viisteisiin, suuntakulmaan ja pituuteen.

Putken perustamistapa valitaan geoteknisten selvitysten perusteella. Vaikka aallotettu teräsputki onkin melko joustava rakenne, on se siitä huolimatta pyrittävä perustamaan kantavan pohjamaan varaan. Myös putken viimeistelyyn kuten verhousten, tukimuurien, kuivatuksen, valaistuksen yms. suunnitteluun tulee kiinnittää riittävää huomiota.

Teräsputken kestävyys perustuu putken ja ympäröivän maan yhteisvaikutukseen. Sentähden on rakentaminen, putken kokoaminen, asennus ja ympäristäytö tehtävä huolellisesti. Ympäristäytön materiaalin on täytettävä tietyt vaatimukset. Ympäristäytö on tiivistettävä vähintään 90 % tiiviyteen (parannettu Proctor-menetelmä). Putkelle on saatava riittävä peitesyvyys. Poikkeuksellisesti putki voidaan asentaa veteen. Putken vastaanotossa ja rakentamisessa on suoritettava tarpeelliset laadunvalvontatoimenpiteet.

Kunnossapidon tehtävänä on tarkkailla putkien kuntoa ja tarvittaessa tehtävä korjaustoimenpiteet. Koska teräsputki voi tietyissä olosuhteissa syöpyä ilmaston, vesitai maaolosuhteiden vaikutuksesta, on kuntotarkastuksilla huomattava merkitys putken kestoiälle. Kunnossapitoa ja tarkkailua varten täytetään ominaistietokortti, johon merkitään tiedot putken sijainnista, rakenteesta, mitoista yms.. Korttiin tehdään myös merkintä tarkastuksista ja tarvittavista korjaustoimenpiteistä.

1. Johdanto

1.0 YLEISTÄ

Aallotettuja teräsputkia on valmistettu teollisesti jo 70-80 vuoden ajan. Vuosien mittaan niiden käyttö tierakenteissa on lisääntynyt parantuneen rakenteen, erilaisten muotojen ja suurempien kokojen myötä. Aallotettuja teräsputkia käytetään tierakenteissa rumpuina, siltoina ja alikulkukäytävänä. Teräsputkirakenteille on kehitetty omat mitoitusperiaansa, jotka poikkeavat huomattavasti muiden silta- ja rumpurakenteiden mitoituksista.

Yleisillä teillä on aallotettuja teräsputkia käytetty 1930-luvulta lähtien. Niiden käyttö Suomessa yleistyi kuitenkin vasta 1950-luvun loppupuolella. Teräsputkirakenteiden suunnittelu ja rakentaminen on tapahtunut pääasiassa putkivalmistajien ohjeiden mukaan. Kun varsinkin rakentamisessa on esiintynyt usein epäkohtia, on yhtenäisten suunnittelu- ja rakentamisohjeiden puuttuminen ollut usein syynä vaurioiden syntyyn.

1.1 TEHDYT TUTKIMUKSET

Tienrakennusosaston toimesta pyydettiin tie- ja vesirakennuspiirejä kesällä 1974 suorittamaan tutkimus tierakenteissa käytettyjen aallotettujen teräsputkien kunnosta ja vaurioista. Tarkoituksena oli selvittää tierakenteissa olevien teräsputkien senhetkinen tilanne koko maassa. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään seuraavat seikat:

- valmistaja/maahantuoja
- putkien ikärakenne, käyttötarkoitus, koko ja muoto
- vauriot ja muodonmuutokset putkimateriaalissa sekä perustuksissa ja niiden aiheuttajat
- vaurioiden ja muodonmuutosten vaikutus rakenteen kestävyYTEEN ja käyttökelpoisuuteen
- perustamistapa yms.

Kerätty tutkimusaineisto käsiteltiin tiensuunnittelutoimistossa. Alla on esitetty yhteenveto tutkimuksen laajuudesta.

	Tutkittu	Tutkimatta	Yhteensä
Vesistöputket	1432	151	1583
Alikulkukäytävät	281	30	311
Yhteensä	1713	181	1894

Inventointitutkimuksessa todettiin useissa putkissa korroosiovaurioita. Kun lisäksi ulkolaisten tutkimusten mukaan vesi- ja maaolosuhteilla on huomattava vaikutus teräsputkien korroosioon, oli tässä yhteydessä tehtävä tutkimus korroosio-olosuhteiden selvittämiseksi. Tutkimuskohteena

oli Hämeen piirissä vuonna 1949 asennettu teräsputki. Maa- ja vesitutkimukset suoritti TVH:n maatutkimustoimiston laboratorio. Levynäytteet tutkittiin Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen metallurgian laboratoriossa. Tutkimuksessa selvitettiin:

- sinkityksen paksuus
- teräslevyn paksuus
- arvio korroosionopeudesta ja korroosion aiheuttajista
- suositeltavat maa- ja vesiolosuhteet
- putken arvioitu kestoikä erilaisissa olosuhteissa

Edellä mainittuja tutkimuksia on käytetty yhdessä kirjallisuusselvityksen kanssa tätä raporttia laadittaessa.

2. Suunnittelun perusteet

2.1 TERÄSPUTKITYYPIT

2.11 MUOTO

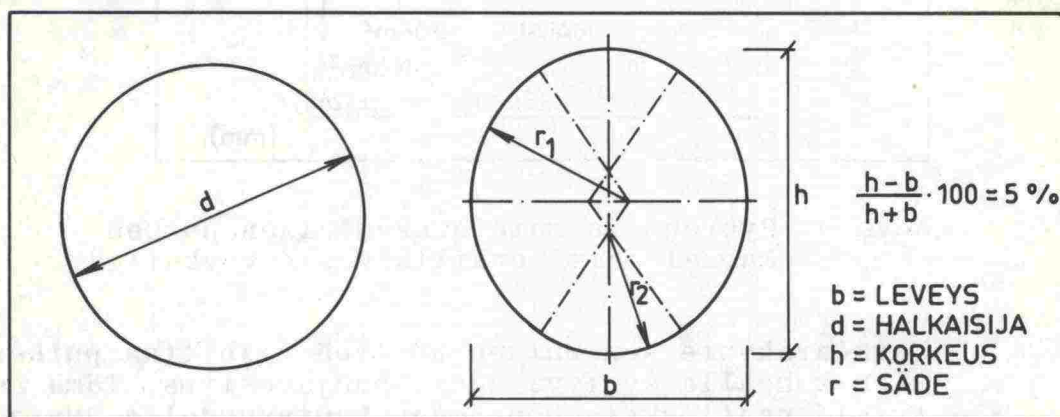
Teräsputket jaetaan muodoltaan seuraaviin ryhmiin:

- pyöreä
- ellipsi
- matala
- vaaka-ellipsi
- alikulkukäytävä-tyyppi

Edellämainittuja putkityyppejä käytetään sekä vesistössä että alikulkukäytävänä. Putken muoto on harkittava kussakin tapauksessa erikseen paikalliset olosuhteet ja erityisnäkökohdat huomioon ottaen.

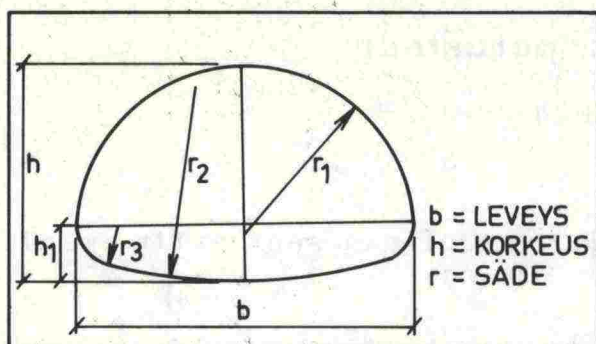
Seuraavassa on esitetty eri tyyppien erikoispiirteet ja soveltuvuus tiettyyn tarkoitukseen.

Pyöreä ja elliptinen (elliptisyys 5 %) muoto ovat toistensa vaihtoehtoja. Halkaisijaltaan alle 1 500 mm putket ovat tavallisesti pyöreitä. Karjankulkua ja ulkoilua palvelevana alikulkukäytävänä on usein käytetty näitä tyyppiejä.

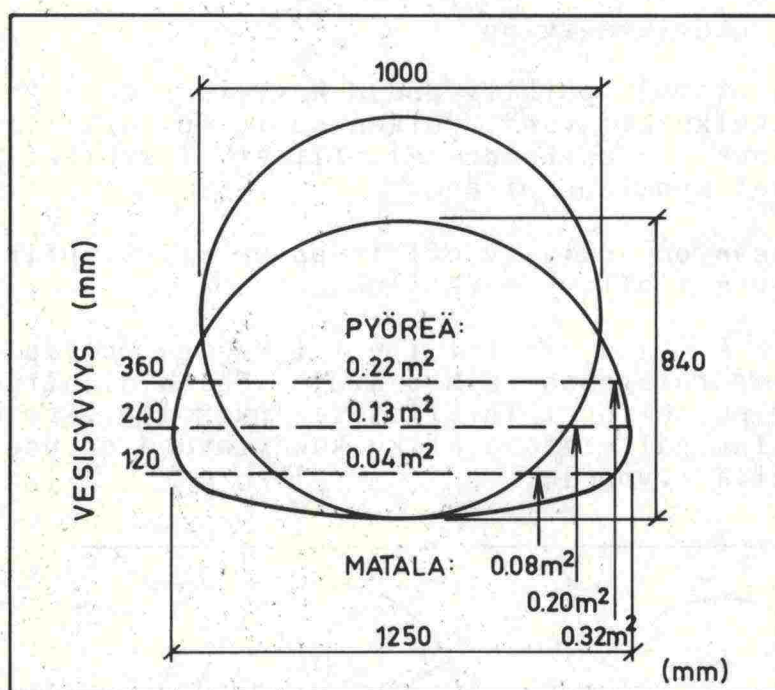


Kuva 1. Pyöreän ja elliptisen putken poikkileikkaus.

Matalarakenteisia putkia on useita eri tyyppiejä, joissa alanurkan säde vaihtelee. Matalarakenteista putkea käytetään vesistöputkena matalien penkereiden yhteydessä ja alikulkukäytävänä. Matalarakenteinen putki voi johtaa tietyllä vesisyvyydellä noin 50 % enemmän vettä kuin samalle syvyydelle perustettu yhtäsuuri pyöreä putki (kuva 3.).



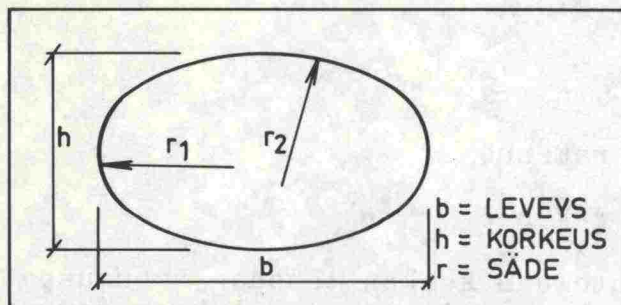
Kuva 2. Matalarakenteisen putken poikkileikkaus.



Kuva 3. Pyöreän ja matalarakenteisen putken kapasiteetti eräillä vesisyvyyksillä.

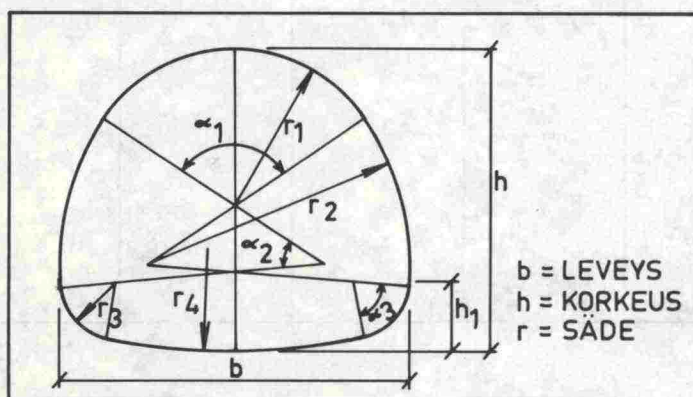
Matalarakenteisen putken käyttöä rajoittaa putken alanurkien kohdalla syntyvä suuri pohjarasitus. Tämä asettaa erityisiä vaatimuksia pohjamaan kantavuudelle. Matalarakenteinen putki voidaan korvata esimerkiksi vierekkäisillä, pyöreillä putkilla.

V a a k a - e l l i p t i n e n (elliptisyys vaaka-suunnassa 15 %) putki on uusi muoto. Putki soveltuu käytettäväksi matalarakenteisen putken asemesta.



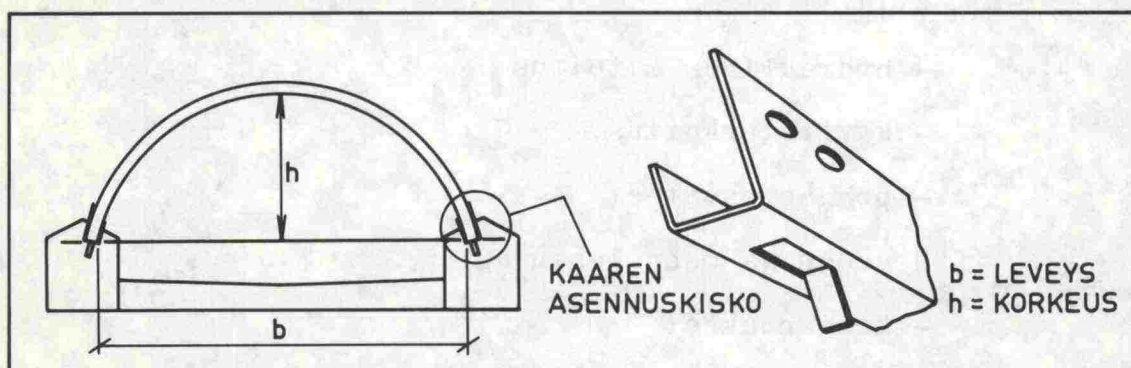
Kuva 4. Vaaka-elliptisen putken poikkileikkaus.

A l i k u l k u k ä y t ä v ä - t y y p p i ä käytetään nimensä mukaisesti pääasiassa alikulkukäytävänä. Tarvittaessa suurta alikulkukorkeutta ovat alikulkukäytävä- ja elliptinen muoto toistensa vaihtoehtoja.



Kuva 5. Alikulkukäytävä-tyyppisen putken poikkileikkaus.

K a a r i on erikoisrakenne, joka perustetaan teräsbetonianturoille. Käyttöalueena on suuria jännemittoja (>5 m) edellyttävät kohteet kantavilla perusmailla sekä vahvistettavat vanhat holvirakenteet.



Kuva 6. Kaaren poikkileikkaus ja asennuskisko.

2.12 RAKENNE

Aallotetut teräsputket jaetaan rakenteeltaan seuraaviin ryhmiin:

- monilevyrakenne
- kaksilevyrakenne
- kierrehitsattu rakenne
- kierresaumattu rakenne

Valinta eri rakenteiden kesken tehdään asennuspaikan olosuhteiden ja rakenteellisen mitoituksen perusteella.

Taulukko 1. Eri rakenteiden pääasialliset käyttökohteet

	Monilevy- rakenne	Kaksilevy- rakenne	Kierrehit- sattu rakenne	Kierresau- mattu rakenne
Alikulkukäytävät	x			
Vesistö sillat ($b \geq 2000$ mm)	x			
Rummut ($b < 2000$ mm)		x	x	x
Liittymärummut				
- yleiset tiet		x	x	x
- yksityistiet		x	x	x
- maataloustiet				x
Kevyen liikenteen teiden rummut		x	x	x
Väliaikaiset rummut			x	x

2.2 PUTKEN VALINTA

2.20 YLEISTÄ

Veden ja liikenteen johtamiseksi tien alitse käytetään teräksistä ja teräsbetonista putkea tai muuta teräsbetonista rakennetta. Valinta rakennusaineen ja rakenteen osalta perustetaan kysymykseen tulevien vaihtoehtojen vertailuun, jossa otetaan huomioon tärkeimpinä tekijöinä seuraavat tekijät:

- hydraulinen mitoitus
- käyttötarkoitus
- pohjaolosuhteet
- veden ja maan laatu
- kustannukset

Seuraavassa on käsitelty mainittujen tekijöiden vaikutusta valintaan lähemmin.

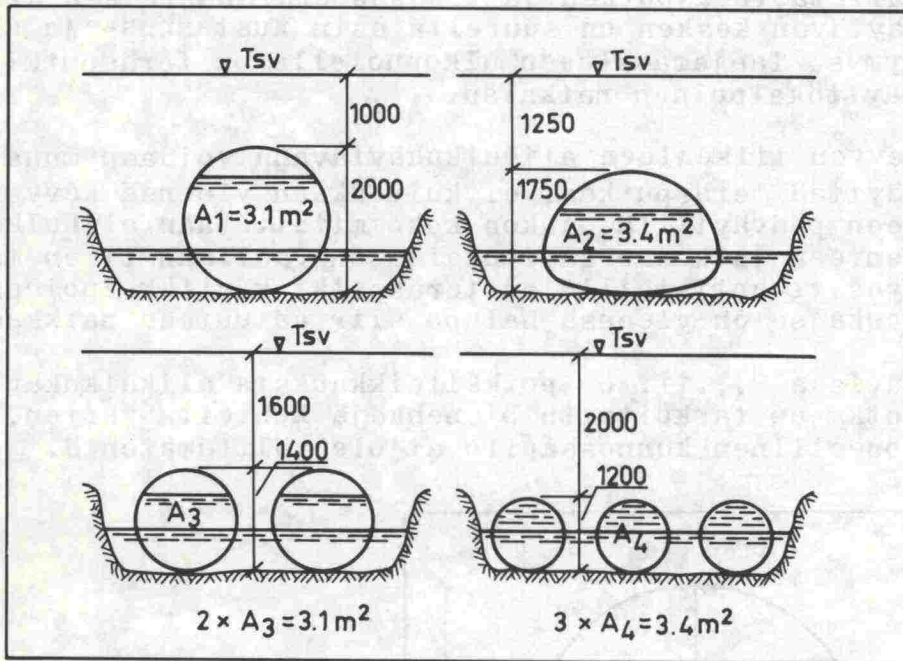
2.21 HYDRAULINEN MITOITUS

Putken hydraulinen mitoitus määrittää putken:

- aukon koon ja muodon
- korkeussijainnin

Putken hydraulinen mitoitus suoritetaan Teiden suunnittelun (TVH 722300) kohdan IV. 3 mukaisesti.

Määritettäessä putken aukon kokoa ja muotoa otetaan vaihtoehtoina huomioon eri muotoiset yksittäiset putket sekä myös mahdollisuus käyttää kahta tai useampaa putkea rinnakkain. Kaksoisputki voi tulla kysymykseen, jos virtaama on suuri ja korkeutta on vähän käytettävissä. Tällaisissa olosuhteissa voidaan myös matalarakenteisella tai vaaka - elliptisellä teräsputkella saavuttaa haluttu tulos.



Kuva 7. Neljä erilaista tapaa johtaa sama vesimäärä tien alitse.

2.22 KÄYTTÖTARKOITUS

Rumpu- tai vesistösillan tyyppin valintaan vaikuttaa käyttötarkoituksen osalta liikenteelliset tekijät:

- veneliikenne
- uitto

Tällaisessa tapauksessa määräytyy tyyppin valinta suurelta osin tarvittavan aukon koon ja kunnossapitönäkökohtien perusteella.

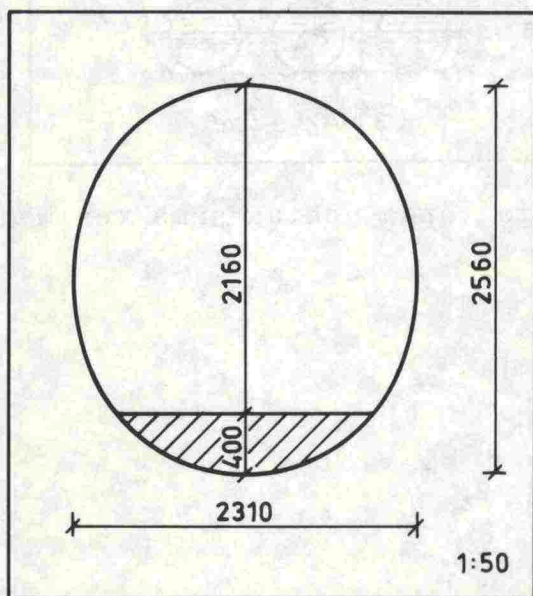
Alikulkukäytävät palvelevat käyttötarkoituksen mukaan:

- kevyttä liikennettä
- karjan kulkua ja ulkoilua

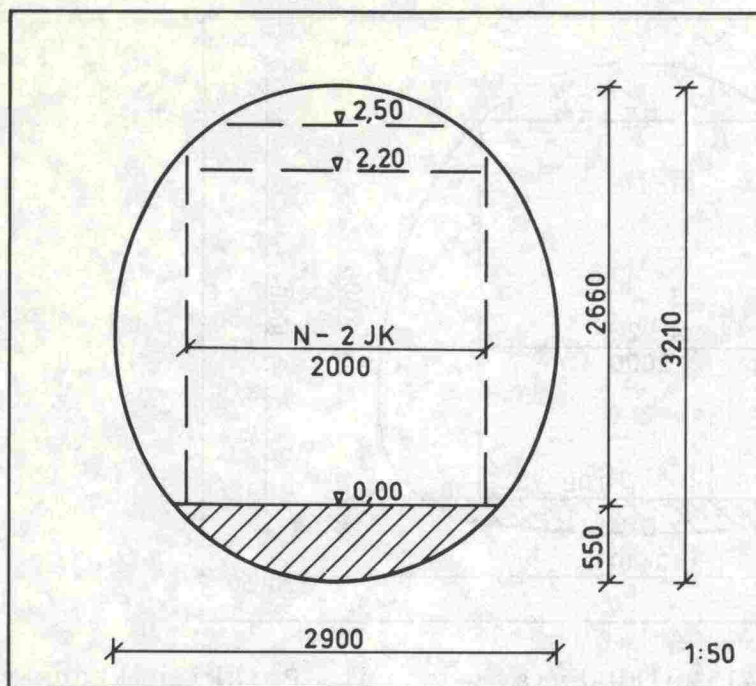
Valinta teräsputken ja teräsbetonirakenteisen alikulkukäytävän kesken on suurelta osin kustannus- ja ulkonäkökysymys. Taajama-alueen ulkopuolella on teräsputki usein käyttökelpoinen ratkaisu.

Kevyen liikenteen alikulkukäytävänä voidaan muuallakin käyttää teräsputkea, ei kuitenkaan yleensä kevyen liikenteen pääväylillä. Aukon koko mitoitetaan alikulkevan liikenteen ja kunnossapitokaluston vaatiman tilan mukaan. Myös tilapäisteille on teräsputki käyttökelpoinen ratkaisu, koska se on yleensä halppo siirtää uuteen paikkaan.

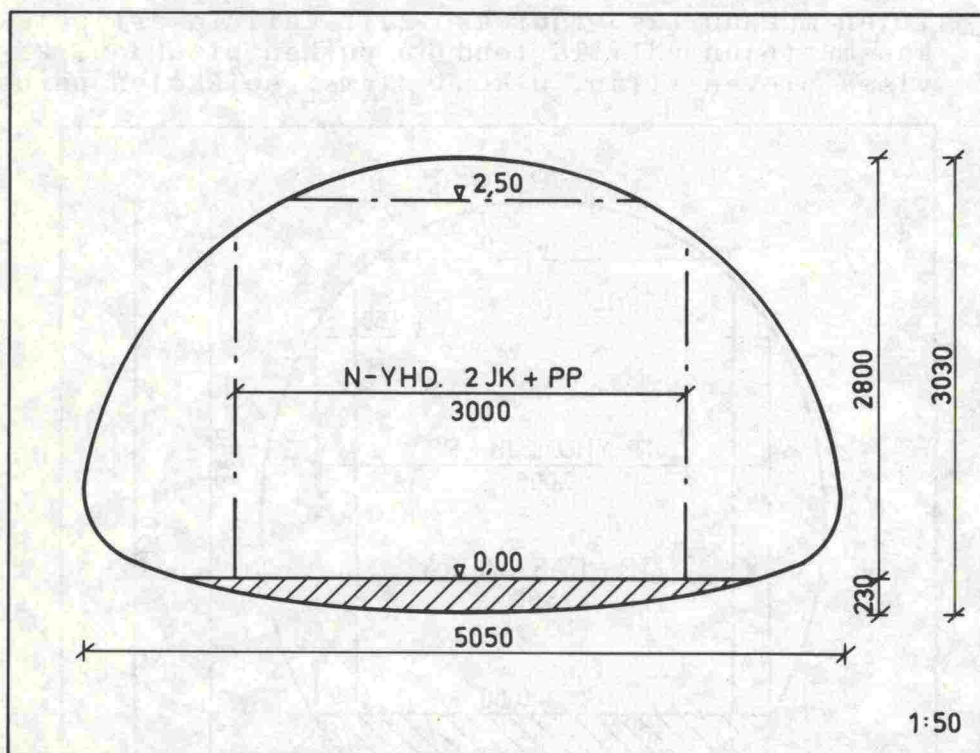
Kuvissa 8...11. on poikkileikkauksia alikulkukäytävistä, jotka on tarkoitettu pienehköjä kohteita varten, joissa koneellinen kunnossapito ei ole välttämätöntä.



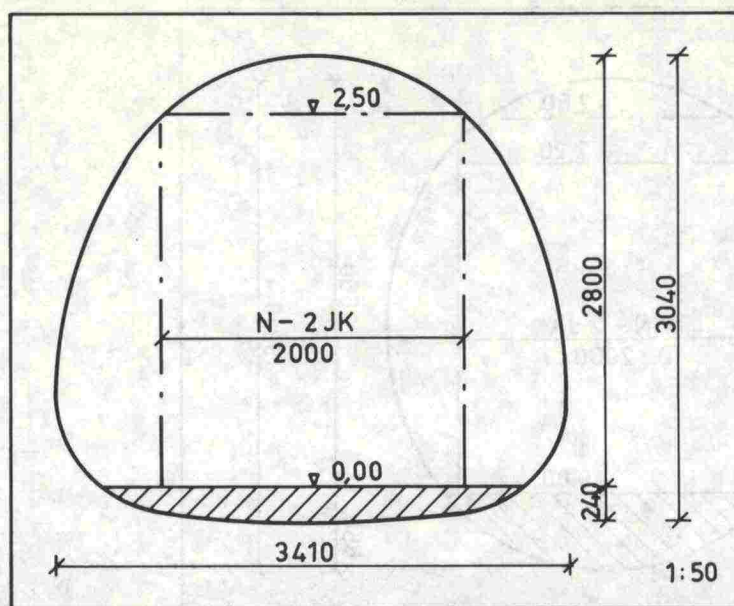
Kuva 8. Karjankulkua ja ulkoilua palvelevan alikulkukäytävän poikkileikkaus.



Kuva 9. Elliptinen, jalankulkua palveleva alikulkukäytävä. Edullinen erityisesti pienehköissä kohteissa.

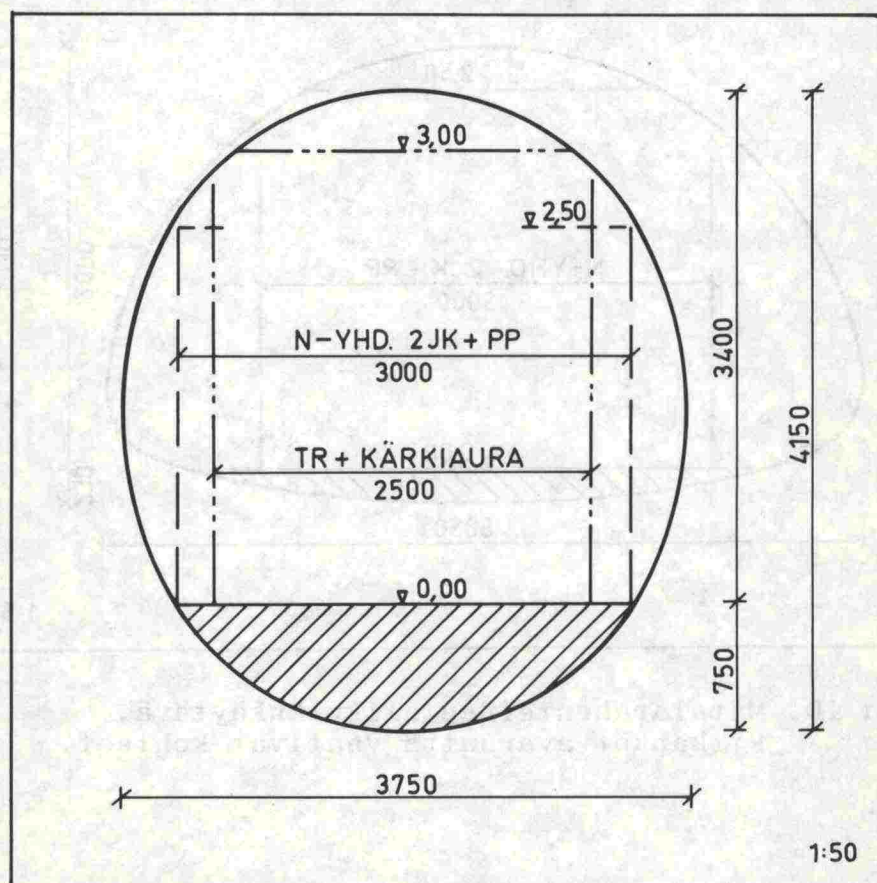


Kuva 10. Matalarakenteinen alikulkukäytävä. Pitkähköt avaruutta vaativat kohteet.

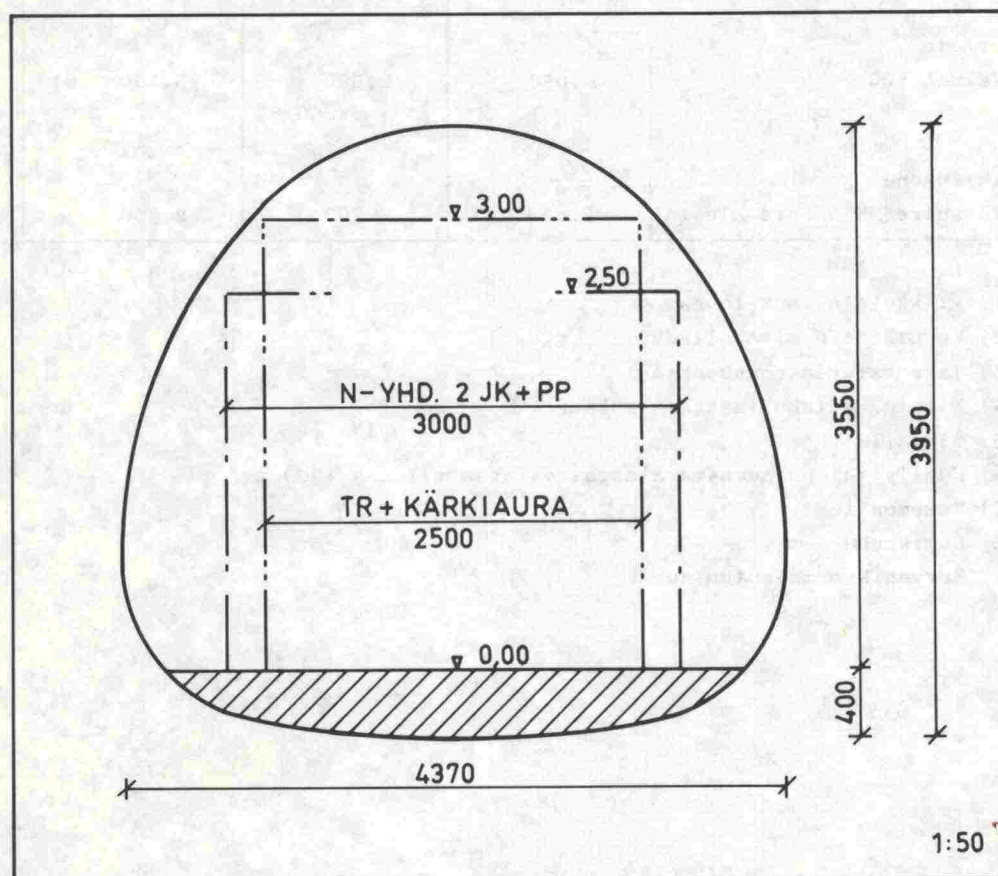
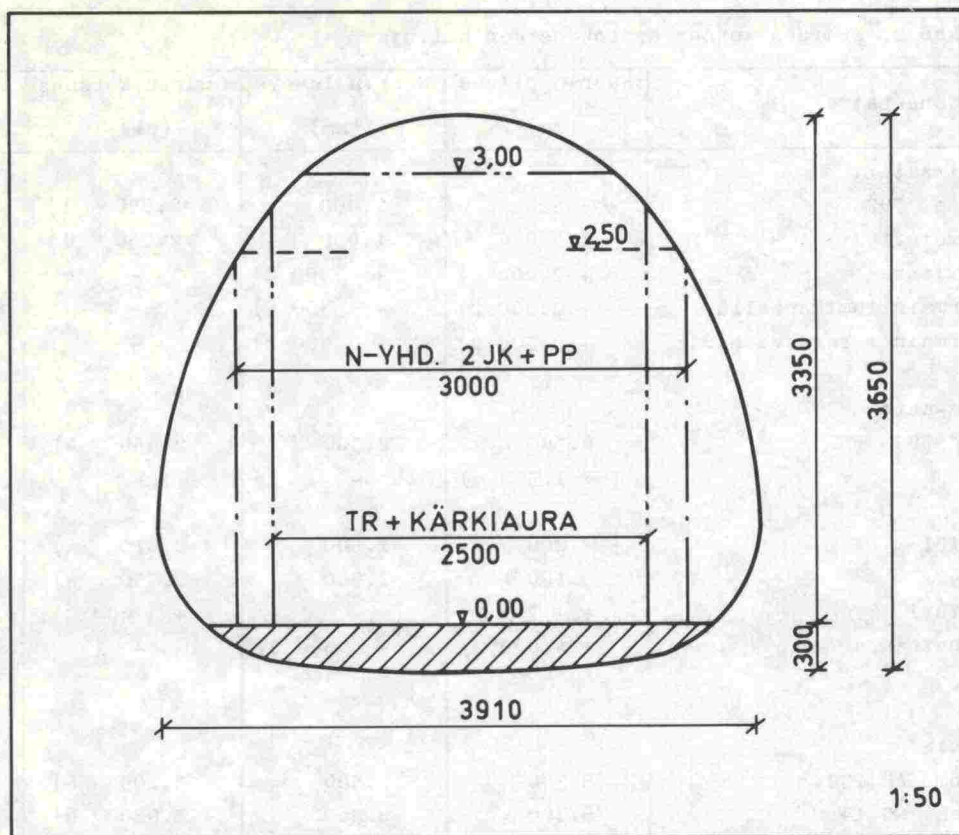


Kuva 11. Alikulkukäytävä-tyyppi. Poikkileikkausmuodoltaan edullinen.

Kuvissa 12...14. on suurempien alikulkukäytävien poikkileikkauksia. Ne on mitoitettu kunnossapitokaluston mittojen mukaan (ks. taulukko 2.). Valinta eri poikkileikkausmuotojen välillä tehdään putken pituuden, käytettävissä olevan tilan, ulkonäön yms. seikkojen perusteella.



Kuva 12. Elliptinen, suuri alikulkukäytävä, perustamistaso muita alhaisempi.



Kuvat 13 ja 14. Alikulkukäytävä-tyyppiset suuret putket. Jos tilaa on runsaasti käytettävissä, on kuvan 14. putki ulkonäöltään selvästi avarampi.

Taulukko 2. Eräiden kunnossapitokoneiden mittoja

Kone/Laite	Suurin pituus (mm)	Suurin leveys (mm)	Suurin korkeus (mm)	Pienin kääntösäde (ulompi etupyörä) (mm)
Pyörätraktori				
Valmet 702	3.820	1.900	2.850 1)	3.800
Valmet 1102	3.960	1.950	2.950 1)	4.300
Kärkiaura	+ 2.000 2)	+ 500 2)	-	+ 1.000 2)
Kuormain lumikauhalla	+ 2.200 2)	+ 300 8)	-	+ 2.500 2)
Kuormain + keräävä harja	+ 2.700 2)	+ 400 2)	-	+ 3.000 2)
Kuorma-auto				
Ford 509	6.500 + 1.500 9)	2.300 -	2.450 4) -	6.650 + 1.500 9)5) + 500 9)7)
LV 131	7.200	2.500	2.610 4)	7.700
R 142	8.100	2.500	2.750 4)	8.600
Nosturi	+ 700 3)	-	+ 600 2)	-
Vinoetuaura	+ 4.000 2)	+ 500 2)	-	+ 3.200 5) + 2.000
Tiehöylä				
Lokomo AH 132	8.300	2.500	3.200 6)	9.900
Vammas RG 14	8.100	2.360	3.080 6)	10.000
Lokomo AH 172	8.600	2.500	3.200 6)	11.000
Kuormain				
Valmet 800	6.650	2.300 + 200 8)	3.100 6)	5.500
Lakaisukone				
Yorshire MK 4/Ford-alusta	5.640	2.200	2.900	6.000

- 1) Vilkku alaslaskettuna
- 2) Peruskoneen mitan lisäksi
- 3) Takanosturiasennuksessa
- 4) Kiinteä vilkku laskettu mukaan
- 5) Oikealle
- 6) Edellyttää ohjaamosta alastaitettavaa vilkkua +300 mm
- 7) Vasemmalle
- 8) Lumikauha
- 9) Kevyen kuorma-auton aura

2.23 POHJAOLOSUHTEET

Jos pohjamaa on kantavaa kitkamaata, ei pohjaolosuhteilla ole vaikutusta rumpu- tai siltatyypin valintaan. Perustaminen tulisi tehdä kantavan pohjamaan varaan, tarvittaessa esimerkiksi uomaa siirtämällä.

Jos pohjamaan kantavuus on heikohko, on usein tarkoituksenmukaista käyttää teräsputkea niin vesistössä kuin alikulkukäytävänä, koska tällöin voidaan päästä edullisiin perustamisratkaisuihin. Teräsputken etuna betoniputkeen tai teräsbetonirakenteiseen siltaan verrattuna on heikosti kantavan pohjamaan yhteydessä:

- keveys pohjamaan kantavuuden kannalta
- joustavuus jäykkiin rakenteisiin verrattuna
- edellä mainituista seikoista johtuen perustamiskustannukset ovat vähäiset

2.24 VEDEN JA MAAN LAADUN VAIKUTUS

Veden ja maan laadulla on tehtyjen selvitysten mukaan ratkaiseva merkitys rumpu- tai siltatyypin valintaan. Teräsputkien korroosio tietyissä olosuhteissa voi olla ilman lisäsuojasta erittäin nopeaa. Seuraavassa on käsitelty veden ja maan laadun vaikutusta sinkityn teräksen syöpmisalttiuteen.

K o r r o o s i o v e d e s s ä on riippuvainen useista eri tekijöistä. Vesi voi sisältää syövyttäviä aineita joko liuenneina tai hiukkasina. Veden virtausnopeus ja lämpötila vaikuttavat myös sinkin syöpymisnopeuteen. Veden laatu on ehdottomasti tutkittava ennen putkityypin valintaa.

M a a - j a v e s i a n a l y y s i s s ä tulee tarkkailla syövyttävyyttä seuraavien tekijöiden avulla:

1. pH tulisi olla alueella 6...12
2. Saostumisluku eli Langelier-index (LI) tulisi olla alueella $LI = 0...1$

$$LI = pH - pH_s$$

kun $pH_s = (9,3 + N_s + N_t) - (N_H + N_A)$, jossa N_s = veden kiintoainespitoisuudesta riippuva tekijä

Esim. $N_s = 0,1$ kun kiintoainesta on 50...350 mg/l
 $N_s = 0,2$ " " " " 400...1100 mg/l

N_t = lämpötilasta (t) riippuva tekijä, joka pienenee kun lämpötila kasvaa

Esim. $N_t = 2,6$ kun $t = 0^\circ C$
 $N_t = 2,3$ " " $= 10^\circ C$
 $N_t = 2,0$ " " $= 22^\circ C$
 $N_t = 1,2$ " " $= 72^\circ C$

Taulukko 3. Veden kovuudesta ja alkaalisuudesta riippuvat tekijät N_H ja N_A .

N_H = kovuudesta riippuva tekijä, joka kasvaa kun kovuus kasvaa.			N_A = alkaalisuudesta riippuva tekijä, joka kasvaa kun alkaalisuus kasvaa.		
$N_H = 0.6$	kun kovuus =	0.56°dH	$N_A = 1.0$	kun alkaalisuus =	0.20mval/l
$N_H = 0.7$	" "	$= 0.67^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 1.1$	" "	$= 0.24\text{mval/l}$
$N_H = 0.8$	" "	$= 0.79^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 1.2$	" "	$= 0.28\text{mval/l}$
$N_H = 0.9$	" "	$= 1.0^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 1.3$	" "	$= 0.36\text{mval/l}$
$N_H = 1.0$	" "	$= 1.29^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 1.4$	" "	$= 0.46\text{mval/l}$
$N_H = 1.2$	" "	$= 1.97^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 1.5$	" "	$= 0.56\text{mval/l}$
$N_H = 1.3$	" "	$= 2.47^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 1.6$	" "	$= 0.72\text{mval/l}$
$N_H = 1.4$	" "	$= 3.15^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 1.7$	" "	$= 0.90\text{mval/l}$
$N_H = 1.5$	" "	$= 3.93^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 1.8$	" "	$= 1.12\text{mval/l}$
$N_H = 1.6$	" "	$= 4.94^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 1.9$	" "	$= 1.40\text{mval/l}$
$N_H = 1.7$	" "	$= 6.23^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 2.0$	" "	$= 1.76\text{mval/l}$
$N_H = 1.8$	" "	$= 7.8^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 2.1$	" "	$= 2.22\text{mval/l}$
$N_H = 1.9$	" "	$= 9.8^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 2.2$	" "	$= 2.80\text{mval/l}$
$N_H = 2.0$	" "	$= 12.9^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 2.3$	" "	$= 3.54\text{mval/l}$
$N_H = 2.1$	" "	$= 15.7^{\circ}\text{dH}$	$N_A = 2.4$	" "	$= 4.6\text{mval/l}$
$N_H = 2.2$	" "	$= 19.7^{\circ}\text{dH}$			
$N_H = 2.3$	" "	$= 24.7^{\circ}\text{dH}$			
$N_H = 2.4$	" "	$= 31.5^{\circ}\text{dH}$			
$N_H = 2.5$	" "	$= 39.3^{\circ}\text{dH}$			

3. Klorideja (Cl^-) ei saisi olla yli 50 mg/l.

4. Sulfaatteja (SO_4^{2-}) ei saisi olla yli 250 mg/l.

5. Vedessä ei saisi olla runsaasti eliöstöä.

Mikäli joku tai jotkut edellämainitut arvot ylitetään, on vettä pidettävä syövyttävänä. Jos lisäksi veden virtausnopeus on yli 1,0 m/s, estyy sinkin suojakerroksen muodostus sinkkipinnalle ja veden mukanaan kuljettamat hiekka, kivet yms. saattavat vahingoittaa sinkkipintaa. Näissä olosuhteissa vaatii teräsputki lisäsuojauksen.

K o r r o o s i o m a a s s a riippuu samoista tekijöistä kuin vedessä, joten maan laatua tutkiessa tulee tehdä samat määritykset kuin veden laatua arvioitaessa. Eri maalajien suuntaa-antava korroosiovaara on taulukon 4. mukainen.

Taulukko 4. Eri maalajien korroosiovaara

Maalaji	Korroosiovaara
Kalkkipitoinen maalaji	Pieni
Moreeni, kalkkipitoinen sora	Pieni
Hiekka, sora	Kohtalainen
Savi, turve, suoperäinen maa, humuspitoinen maa	Suuri

2.25 MUUT TEKIJÄT

Pienten vesistöputkien puhdistusongelmia ja kaivuvaikeuden vuoksi kohoavia rakennuskustannuksia voidaan välttää käyttämällä hyväksi teräsputkien moninaisia poikkileikkausmuotoja. Teräsputkien käyttö on usein perusteltua korkeiden penkereiden kohdalla.

Jos käytetään teräsputkea olemassa olevalla tiellä, jää liikenteelle aiheutuva haitta usein lyhytaikaiseksi, sillä putki voidaan koota ennen kaivannon tekoa ja nostaa valmiiseen kaivantoon. Liikenne joudutaan katkaisemaan tällöin vain kaivannon teon ja täytön ajaksi.

2.3 VAKIOKOOT

2.30 YLEISTÄ

Taulukot 6...11 on laadittu siten, että ne kattavat teräsputkien tavallisimman käyttöalueen. Koot on valittu valmistajien laajemmista taulukoista. Taulukoiden esittämät putkien mitat ovat minimimittoja. Eri valmistajien toisistaan poikkeavien kokojen vuoksi on korkeusmittojen suurentaminen kokoluokan minimimitoista sallittu kunkin taulukon yhteydessä ilmoitetun prosenttiluvun mukaisesti. Putken leveys voi olla 5...10 % ilmoitettua minimiarvoa suurempi. Jos leveyden suurentamista on tarpeellista yksittäistapauksissa rajoittaa, on siitä suunnitelmassa ilmoitettava.

Eri rakenteet on esitetty taulukoissa kirjaintunnuksilla, jotka on määritetty kohdassa 2.31. Vakiokoosta voidaan vain perustelluista syistä poiketa.

2.31 RAKENTEIDEN TUNNUKSET JA POIKKILEIKKAUSARVOT

- A. Monilevyrakenne, joka on koottu ruuviliitoksin. Aallotus n. 150 x 50 (mm) tai jäykkyydeltään vastaava.
- B. Kaksilevy- tai monilevyrakenne, joka on koottu ruuviliitoksin. Aallotus n. 125 x 30 (mm) tai jäykkyydeltään vastaava.
- C. Kaksilevy- tai monilevyrakenne, joka on koottu ruuviliitoksin. Aallotus n. 68 x 13 (mm) tai jäykkyydeltään vastaava.
- D. Kierrehitsattu rakenne. Aallotus n. 68 x 13 (mm) tai jäykkyydeltään vastaava.
- E₁. Kierresaumattu rakenne. Aallotus kuten kohdassa D.
- E₂. Kierresaumattu rakenne. Profiilin jäykkyys sellainen, että vastusmomentti (cm^3/m) on vähintään sama kuin seinämäpaksuuden lukuarvo ilmoitettuna millimetreissä. (Esim. seinämäpaksuus $t = 1,5 \text{ mm}$, vastusmomentti $W = 1,5 \text{ cm}^3/\text{m}$).

Jos aallotus poikkeaa edellä olevista, voidaan sen katsoa kuuluvan siihen ryhmään, jonka rakenne on vastaava. Lisäksi aallotuksen vastusmomentin W tulee olla vähintään yhtä suuri kuin ryhmässä esitetyllä aallotuksella samalla leveyspaksuudella (taulukko 5).

Taulukko 5. Poikkileikkausarvot aallotuksille 150 x 50 mm,
125 x 30 mm ja 68 x 13 mm

Aallotus mm	Levyypaksuus t mm	Teräspinta- ala A cm ² /m	Hitausmo- mentti I cm ⁴ /m	Vastusmo- mentti W cm ³ /m	Hitaus- säde i cm
150 x 50	2,7	33,3	94,8	36,0	1,69
	3,4	42,0	119,4	44,7	1,69
	4,2	51,8	147,5	54,4	1,69
	4,7	58,0	165,1	60,4	1,69
	5,5	67,9	193,2	69,6	1,69
	6,2	76,5	217,7	77,5	1,69
	7,0	86,4	245,8	86,3	1,69
125 x 30	1,5	17,0	18,0	11,5	1,03
	2,0	22,6	24,0	15,0	1,03
	2,5	28,3	31,1	18,5	1,03
	3,0	33,9	36,1	21,85	1,03
	3,5	39,6	42,1	25,1	1,03
68 x 13	1,5	16,3	3,3	4,5	0,45
	2,0	21,7	4,4	5,8	0,45
	2,5	27,1	5,5	7,0	0,45
	3,0	32,5	6,5	8,2	0,45
	3,5	37,9	7,6	9,3	0,45

2.32 PIENET PUTKET ($b \leq 2000$ mm)

2.320 Yleistä

Taulukot 6...8 on esitetty siten, että kutakin leveyttä (halkaisijaa) kohti on ilmoitettu eri rakenteiden kohdalla ne peitesyvyyden arvot, jotka eri levypaksuuksilla tulevat kysymykseen. Taulukoissa on otettu huomioon korroosiovarana 0,5 mm peitesyvyydellä 4-10 m. Korroosiovara voidaan jättää pois, jos putki on tarkoitettu väliaikaiseksi. Edellä esitetyn lisäksi tulee ottaa huomioon mitä kohdassa 2.42 on mainittu.

2.321 Pyöreät putket

Taulukko 6. Ajoneuvoliikenteen kuormitukselle mitoitettut putket.
Sallitut peitesyvyydet metreinä eri levypaksuuksilla.

Halkaisija \times mm	Pinta-ala min m ²	Peitesyvyys						
		Rakenne A Levypak. mm 2,7	Rakenne B Levypaksuus mm			Rakenne C,D,E ₁ Levypaksuus mm		
			2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	3,0
500	0,19	-	0,5...4	0,5...10	-	0,5...4	0,5...10	-
600	0,28	-	0,5...4	0,5...10	-	0,5...4	0,5...10	-
800	0,50	-	0,5...4	0,5...10	-	0,6...4	0,5...10	-
1000	0,78	-	0,5...4	0,5...10	-	0,9...4	0,7...10	0,6...10
1200	1,13	-	0,5...4	0,5...10	-	1,2...4	1,1...10	0,9...10
1400	1,54	-	0,5...4	0,5...10	-	1,6...4	1,4...10	1,2...10
1600	2,00	0,5...10	0,9...4	0,7...10	0,5...10	2,0...4	1,7...10	1,5...10
1800	2,54	0,5...10	1,2...4	0,9...10	0,7...10	-	2,1...10	1,9...10
2000	3,14	0,5...10	1,5...4	1,1...10	0,9...10	-	2,5...10	2,2...10

^xSallittu lisäys +2 %.

Levypaksuuteen sisältyy korroosiovara 0,5 mm peitesyvyyksillä 4-10 m.

Taulukko 7. Kevyelle kuormitukselle mitoitettut putket. Sallitut peitesyvyydet metreinä eri levypaksuuksilla.

Halkaisija \times mm	Pinta-ala min m ²	Peitesyvyys					
		Rakenne B Levypaksuus mm		Rakenne C,D,E ₁ Levypaksuus mm		Rakenne E ₂ Levypaksuus mm	
		1,5	2,0	1,5	2,0	1,5	2,0
400	0,12	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10
500	0,19	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10
600	0,28	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10
800	0,50	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10
1000	0,78	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10	0,7...4	0,5...10
1200	1,13	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10	1,0...4	0,7...10
1400	1,54	0,5...4	0,5...10	0,5...4	0,5...10	-	1,0...10
1600	2,00	0,5...4	0,5...10	0,7...4	0,5...9	-	-
1800	2,54	0,5...4	0,5...10	0,9...4	0,6...8	-	-
2000	3,14	0,5...4	0,5...10	1,1...4	0,8...7	-	-

^xSallittu lisäys +2 %.

Levypaksuuteen sisältyy korroosiovara 0,5 mm peitesyvyyksillä 4...10 m.

2.322 Matalarakenteiset putket

Taulukko 8. Ajoneuvoliikenteen kuormitukselle mitoitettut putket. Sallitut peitesyvyydet metreinä eri levypaksuuksilla.

Leveys mm	Korkeus x mm	Pinta-ala min m ²	Peitesyvyys					
			Rakenne B Levypaksuus mm			Rakenne C ja D Levypaksuus mm		
			2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	3,0
700	600	0,38	0,5...4	0,5...10	-	0,6...4	0,5...10	-
900	700	0,56	0,5...4	0,5...10	-	0,8...4	0,6...10	0,5...10
1150	850	0,84	0,5...4	0,5...10	-	1,2...4	1,0...10	0,8...10
1500	1050	1,30	0,7...4	0,6...10	0,5...10	1,8...4	1,6...10	1,4...10
1800	1200	1,78	1,2...4	0,9...10	0,7...10	-	2,1...10	1,9...10

^xSallittu lisäys +3 %.

Levypaksuuteen sisältyy korroosiovara 0,5 mm peitesyvyyksillä 4...10 m.

Kevyelle kuormitukselle mitoitettut matalarakenteiset putket ovat kooltaan samoja kuin taulukossa 7. Sallitut peitesyvyydet määritetään taulukosta 6. putken leveyttä vastaavan halkaisijan kohdalta.

2.33 SUURET PUTKET (b > 2000 mm)

2.330 Yleistä

Suuret putket ovat rakennetyyppejä A. Putkia esittävässä taulukoissa 9...12 levypaksuus on sama peitesyvyydestä riippumatta. Minimipeitesyvyydellä liikennekuormasta aiheutuva suuri rasitus on määrännyt mitoituksen. Peitesyvyydellä 3...10 m on levypaksuuden korroosiovara 0,5 mm. Suuret putket on mitoitettu ajoneuvoliikenteen kuormitukselle.

2.331 Elliptiset putket

Taulukko 9. Elliptisten putkien vakiokoot ja minimi levypaksuudet

Leveys mm	Korkeus x mm	Pinta-ala min m ²	Minimi levy- paksuus mm
2000	2230	3,5	3,4
2310	2560	4,6	3,4
2610	2890	5,9	4,2
2900	3210	7,3	4,2
3180	3520	8,8	4,7
3460	3830	10,4	4,7
3750	4150	12,2	5,5

^xSallittu lisäys +3 %

Peitesyvyys: minimi 0,5 m, maksimi 10 m

Käytettäessä pyöreätä putkea määritetään tarvittava levyypaksuus putken halkaisijaa vastaavan leveyden kohdalta taulukosta 9.

2.332 Matalarakenteiset putket

Taulukko 10. Matalarakenteisten putkien vakiokoot ja minimilevyypaksuudet

Leveys mm	Korkeus x mm	Pinta-ala min m ²	Minimi levy- paksuus mm
2020	1460	2,3	3,4
2480	1750	3,5	4,2
2960	1980	4,8	4,2
3410	2170	5,9	4,7
3910	2460	7,7	5,5
4730	2820	10,5	6,2
5050	3030	12,1	7,0

^xSallittu lisäys +4 %.

Peitesyvyys: minimi 0,5 m. Jos käytetään yli 2 m peitesyvyyttä on tarkistettava, että pohjapaine pysyy sallituissa rajoissa.

2.333 Alikulkukäytävä-tyyppiset putket

Taulukko 11. Alikulkukäytävä-tyyppisten putkien vakiokoot ja minimilevyypaksuudet

Leveys mm	Korkeus x mm	Pinta-ala min m ²	Minimi levy- paksuus mm
2870	2610	6,3	4,2
3410	3040	8,7	4,7
3910	3650	11,7	5,5
4370	3950	14,2	6,2

^xSallittu lisäys +4 %

Peitesyvyys: minimi 0,5 m. Jos käytetään yli 4 m peitesyvyyttä, on tarkistettava, että pohjapaine pysyy sallituissa rajoissa.

2.4 MATERIAALIVAATIMUKSET

2.41 LEVYMATERIAALI JA RUUVIT

Levyateriaalin tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

Kemiallinen koostumus

C	= max	0,15 %
Si	= max	0,25 %
P	= max	0,06 %
S	= max	0,05 %
N	= max	0,009 %

Mekaaniset ominaisuudet

myötöraja $R_{eL} \geq 220 \text{ N/mm}^2$

murtovenymä $A_{50MM} = \min 20 \%$

ruuvit myötölujuus $R_{eL} \geq 320 \text{ N/mm}^2$

2.42 SINKITYS

Sinkityksen paksuuden tulee olla taulukon 12. mukainen (SFS 2765).

Taulukko 12. Sinkityksen paksuus

Putkityyppi	Sinkitys	
	Paksuus μm 1)	Paino g/2m^2 2)
Monilevy rakenne	60	840
Kaksilevy rakenne	43	610
Kierrehitsattu	43	610
Kierresaumattu	43	610
Ruuvit ja mutterit	43	

1) yksipuolisesti

2) molemmat puolet yht.

Jos putken sinkkipinnoite ei täytä taulukon 12. vaatimuksia, voidaan hyväksyä pienempi sinkityspaksuus (minimi $30 \mu\text{m}$), jos vastaavasti suurennetaan levypaksuutta ajoneuvoliikenteen kuormitukselle mitoitetuissa putkissa $0,5 \text{ mm}$ ja kevyelle kuormitukselle mitoitetuissa putkissa $0,2 \text{ mm}$.

Lisäsuojausmenetelmiä on selostettu myöhemmin erikseen (ks. kohta 3.6).

3. Suunnittelu

3.1 RAKENTEELLINEN MITOITUS

3.11 PUTKEEN KOHDISTUVAT KUORMAT

3.111 Maanpaine

Putkeen kohdistuva täytemaan painosta aiheutuva pystysuora paine määritetään kaavalla

$$p_m = \gamma \cdot h, \text{ jossa}$$

$$p_m = \text{maan tilavuuspaino kN/m}^3$$

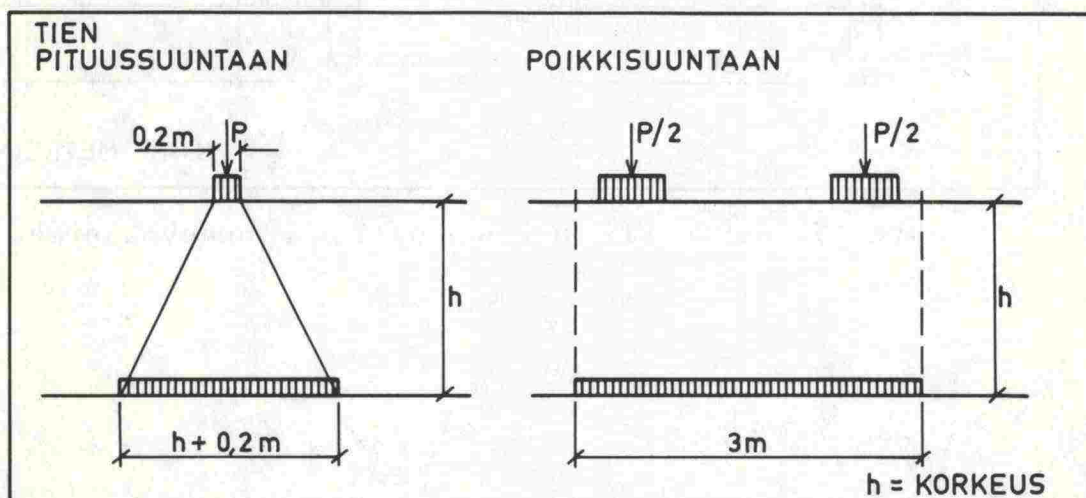
$$h = \text{pystysuora etäisyys maan pinnasta putken pintaan m}$$

Täytemaan tilavuuspaino riippuu maalajista, tiiveydestä raemuodosta ja raekoostumuksesta. Keskimääräisenä tilavuuspainon arvona laskelmissa voidaan käyttää $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$.

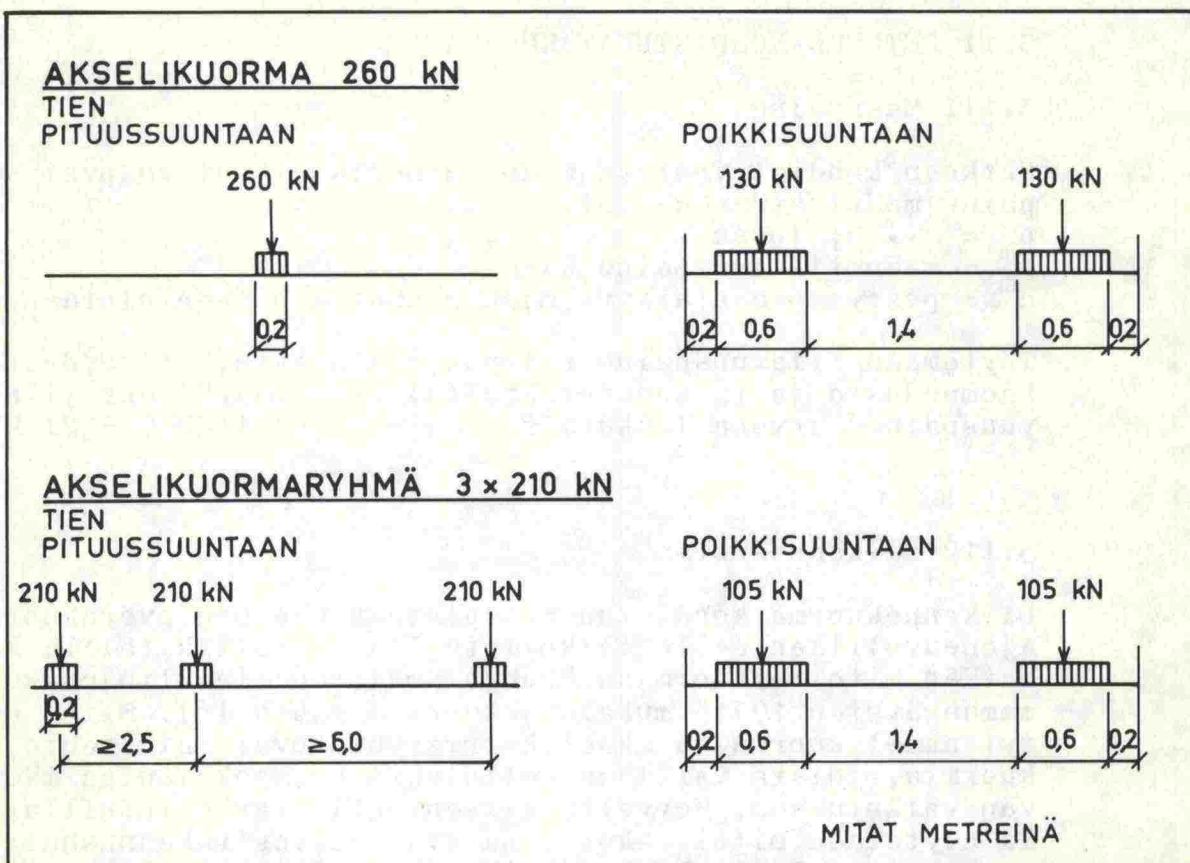
3.112 Liikennekuorma

Liikennekuorma kohdistuu maanpintaan yleensä pyöräkuormina. Ajoneuvoliikenteelle tarkoitetuilla yleisillä teillä käytetään mitoituskuormana "Pohjoismaisten tiesiltojen kuormamääräysten 1971" mukaisia kuormia (kuva 16). Siinä esitetyt akselikuorma ja akselikuormaryhmä ovat vaihtoehtoisia kuormia, joista valitaan kulloinkin se, joka antaa määrävän vaikutuksen. Kevyelle liikenteelle tarkoitetuilla teillä käytetään mitoituskuormana tie- ja vesirakennushallituksen määrittelemiä kevyen liikenteen sillan liikennekuormia (kuva 17). Maatalousliittymien ja yksityisteiden liittymien rummuissa käytetään mitoituskuormana kevyen liikenteen sillan liikennekuormaa, ellei tielle ole odotettavissa jatkuvaa sitä raskaampaa liikennettä.

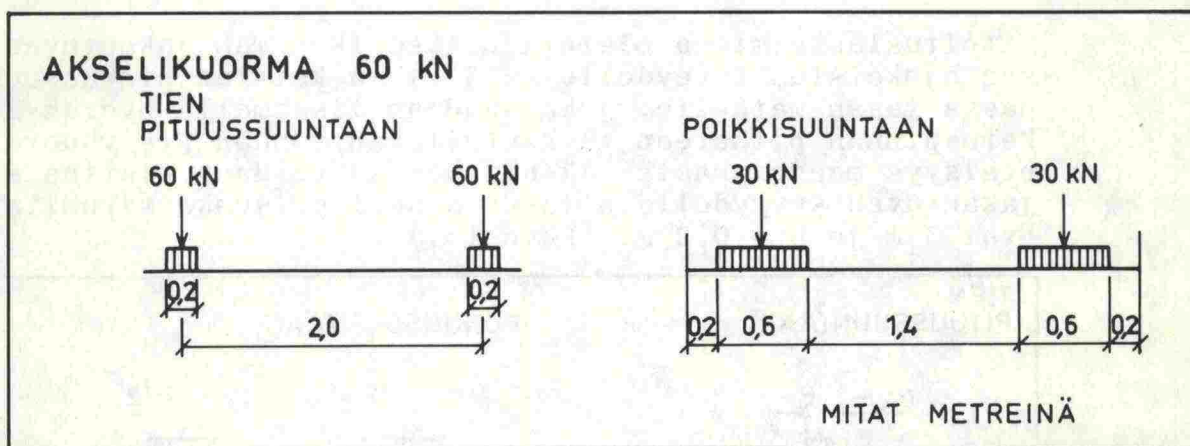
Mitoituslaskelmissa oletetaan akselikuorman jakautuvan tasan ajokaistan leveydelle ($= 3 \text{ m}$) ja kaistan pituussuunnassa tasan matkalle, joka saadaan lisäämällä pyörän kosketuspinnan pituuteen tarkasteltavan kohdan pystysuora etäisyys maanpinnasta. Akselikuorman voidaan olettaa siten jakautuvan syvyydellä h tasan alueelle, jonka sivumitat ovat 3 m ja $h + 0,2 \text{ m}$. (kuva 15.)



Kuva 15. Yksinkertaistettu otaksuma akselikuorman jakautumisesta maassa.



Kuva 16. Pohjoismaisten tiesiltojen kuormamääräysten 1971 (PKM 71) mukaiset kuormat.



Kuva 17. Kevyen liikenteen sillan ajoneuvokuorma.

Se osa liikennekuormasta, joka kohdistuu putken leveydelle otetaan putken liikennekuormaksi p_L .

3.12 VOIMASUUREIDEN LASKEMINEN

3.120 Yleistä

Putken seinämään aiheutuu jännityksiä putkeen kohdistuvista kuormista. Aiheutuva puristusjännitys voidaan laskea putken seinämän jossain kohdassa siinä esiintyvistä normaalivoimasta ja taivutusmomentista. Kun peitesyvyys on pieni verrattuna putken halkaisijaan, on taivutusmomentin osuus jännityksiin merkittävä. Jos taas peitesyvyys on suuri, on puristavan normaalivoiman osuus putkeen syntyviin jännityksiin merkittävin. Putken seinämässä vaikuttavat leikkaussuureet voidaan arvioida kohdan 3.121 ja 3.122 mukaisesti.

3.121 Normaalivoima

Putken seinämään oletetaan vaikuttavan normaalivoiman (N), joka on putken kehän tangentin suuntainen ja suuruudeltaan puolet putken päällä vaikuttavasta pysyvästä ja liikkuvasta kuormasta.

3.122 Taivutusmomentti

Putken seinämään oletetaan vaikuttavan taivutusmomentin M_1 , jonka suuruus mitoitettavassa kohdassa on seuraava:

a. Kuormana yksittäisakseli

a 1. Putken leveys $2 < b \leq 5$ m

$$M_1 = 0,02 p_L \cdot b, \text{ kun peitesyvyys } z = 0,5 \text{ m}$$

$$M_1 = 0,005 p_L \cdot b, \text{ kun peitesyvyys } z \geq b + 0,5 \text{ m}$$

p_L = putkeen kohdistuva liikennekuorma
 b = putken leveys

Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti

a 2. Putken leveys $b \leq 2$ m

$$M_1 = 0,005 p_L \frac{b^2}{z}$$

b. Kuormana teliakseli

Telikuorman vaikutusta laskettaessa otaksutaan telin toisen akselin olevan sijoitettuna putken keskilinjalle, jolloin sen vaikutus on sama kuin yksittäisakselin vaikutus kohdan a. mukaan. Toisen akselin

otaksutaan antavan taivutusmomenttiin lisäyksen, jonka suuruus on $(0,5 - \frac{a}{b})$ kertainen edelliseen verrattuna, jos akselikuormat ovat samat. Mitta a on telin akselien väli. Vain kertoimen positiiviset arvot otetaan huomioon.

3.123 Maapohjassa syntyvät rasitukset

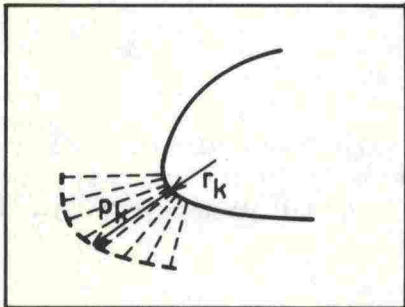
Putkesta maahan kohdistuva reaktiopaine voidaan likimäärin laskea kaavasta

$$p_k = \frac{N}{r_k}$$

p_k = reaktiopaine kohdassa k

N_k = putken kehällä vaikuttava normaalivoima

r_k = putken kaarevuussäde kohdassa k



Kuva 18. Maapohjaan kohdistuvat rasitukset

Varsinkin matalarakenteisissa putkissa alanurkissa vaikuttavat reaktiopaineet aiheuttavat maapohjaan suuria rasituksia.

3.13 VARMUUS

3.130 Yleistä

Putki on mitoitettava siten, että sillä on riittävä varmuus murtumista vastaan käytön aikana, sekä riittävä ainevahvuus korroosiota vastaan. Maapohjan murtumista vastaan on saavutettava riittävä varmuus.

3.131 Putken seinän murtuminen

Murtotavat

Putken seinän murtumisen syynä voi olla

- puristusmurtuma tai taivutuspuristusmurtuma kun seinämän materiaalin myötöraja ylitetään.
- kimmoinen nurjahdus, joka aiheutuu kriittillisen nurjahduskuorman ylittämisestä.
- edellä mainittujen murtotapojen yhteisvaikutus.

Mikä murtotapa kulloinkin on määräävä riippuu putken taipuisuusluvusta b/i (b = putken leveys, i = seinämän poikkileikkauksen hitaussäde $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$) ja putken ympärillä olevan maan tiiveydestä.

Murtojännitys

Taulukossa 13. ilmoitetaan taipuisuusluvun funktiona se jännitys, jolla rakenne murtuu. Siinä on tehty otaksuma, että maan tiiveys on vähintään 85 % parannetusta Proctor tiiveydestä.

Taulukko 13. Putken seinän murtojännityksen R_u riippuvuus putken taipuisuusluvusta $\frac{b}{i}$ (R_{eL} = teräksen alempi myötöraja).

Taipuisuusluku $\frac{b}{i}$	Murtojännitys R_u
≤ 300	R_{eL} = teräksen alempi myötöraja
400	0,8 R_{eL}
500	0,6 R_{eL}
600	0,5 R_{eL}
800	0,3 R_{eL}
1000	0,1 R_{eL}

Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti.

3.132 Varmuus putken seinän murtumista vastaan

Varmuus putken seinän murtumista vastaan on riittävä, jos mitoituskuormista aiheutuva laskennallinen jännitys ei ylitä varmuuskertoimella 2 jaettua murtojännitystä.

Varmuuskertoimessa on otettu huomioon:

- laskentamenettelyssä oleva epätarkkuus
- kuormien likimääräinen laskentatapa ja hajonta
- materiaaliominaisuuksien hajonta

3.133 Ruuviliitosten varmuus

Ruuviliitoksissa ruuvien määrä on riittävä, jos mitoituskuormista aiheutuva laskennallinen resuloiva jännitys ruuveissa ei ylitä varmuuskertoimella 2,5 jaettua ruuvien myötölujuutta.

3.134 Ainevahvuus korroosiota vastaan

Yleisillä teillä käytettävien putkien ainevahvuuden tulee olla ≥ 2 mm. Maatalousliittymissä ja yksityisteillä voidaan pienimpänä ainevahvuutena käyttää 1,5 mm. Ainevahvuut-

ta voidaan harkinnan mukaan lisätä 0,5...1 mm erityisistä syistä, esim. putken joutuessa alttiiksi tiesuolan voimakkaalle vaikutukselle, syöpymiselle tai jos sen korvaaminen uudella on putken sijainnista johtuen vaikeaa. Tämä korroosiovara tulee merkitä näkyviin suunnitelmassa.

3.135 Varmuus maapohjan murtumista vastaan

Maapohjaan syntyvät jännitykset eivät saa ylittää maapohjalle sallittavia jännityksiä.

3.14 LASKUESIMERKKI

Mitoitettava ajoneuvoliikenteen kuormitukselle aallotettu teräsputki, jonka leveys $b = 3,6$ m ja peitesyvyys $z = 0,5$ m. Maapohjan sallittu pohjarasitus on $0,15$ MN/m².

a) Putkeen kohdistuvat kuormat

Maanpaine

Putken päällä olevan maan paino 1 m:n matkalla on

$$p_m = \left[\left(z + \frac{b}{2} \right) \cdot b - \pi \frac{b^2}{8} \right] \gamma = \left(2,3 \cdot 3,6 - \pi \frac{3,6^2}{8} \right) 21$$

$$= (8,28 - 5,09) 21 = 67,0 \text{ kN}$$

Putki otaksutaan yläosastaan pyöreäksi putken poikkileikkausmuodosta huolimatta. Tarkastelu on yleispätevä kaikille putkityypeille reaktiopaineen määrittämistä lukuunottamatta.

Liikennekuorma

Tarkistetaan akselikuormaa 260 kN sekä akselikuormaryhmän 3 x 210 kN vaikutus

- Akselikuorma 260 kN

Kuorma jakaantuu tasan $h + 0,2$ m = 0,7 m pituiselle matkalle kaistan pituussuunnassa eli putken leveyden suunnassa. Todetaan, että koko akselikuorma kuormittaa putkea. Yhden metrin matkalla on kuorma

$$p_{L1} = \frac{260}{3} = 86,7 \text{ kN}$$

- Akselikuormaryhmä 3 x 210 kN

Kuormaryhmässä pienempi akseliväli on 2,5 m. Havaitaan, että taivutusmomentti voidaan laskea yksittäisakselin avulla. Toinen akseli ei anna taivutusmomenttiin lisäystä, koska kerroin $\left(0,5 - \frac{a}{b} \right) = 0,5 - \frac{2,5}{3,6} = -0,19$ 0 (ks. kohta 3.122 b).

b) Voimasuureiden laskeminenNormaalivoima

$$N_1 = \frac{1}{2} (p_m + p_{L1}) = \frac{1}{2} (67,0 + 86,7) = 76,85 \text{ kN}$$

$$N_2 = \frac{1}{2} (p_m + p_{L2}) = \frac{1}{2} (67 + 70) = 68,5 \text{ kN}$$

Taivutusmomentti

$$M_1 = 0,02 p_{L1} \cdot b = 0,02 \cdot 86,7 \cdot 3,6 = 6,24 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 0,005 \cdot p_{L2} \cdot b = 0,02 \cdot 70 \cdot 3,6 = 50,4 \text{ kNm}$$

c) Varmuus

Tarkastellaan monilevyrakennetta, jonka aallotus on 150 x 50 mm ja levypaksuus 5,5 mm. Alustavassa tarkastelussa on todettu, että ainepaksuus 4,7 mm ei riitä. Tarkastelua varten tarvitaan putken poikkileikkauksen teräspinta-ala A ja vastusmomentti W yhden metrin matkalla sekä hitaussäde i , $A = 67,9 \text{ cm}^2$, $W = 69,6 \text{ cm}^3$ ja $i = 1,69 \text{ cm}$ (taulukko 4).

Murtojäännitys

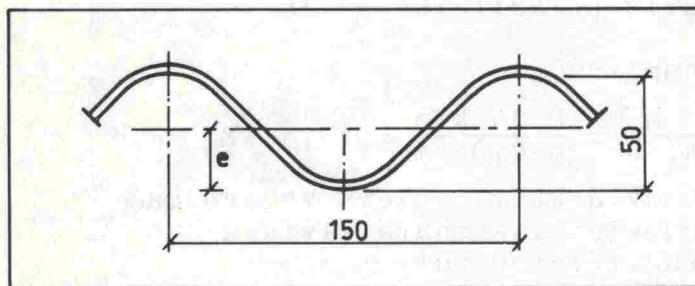
$$\text{– Taipuisuusluku } \frac{b}{i} = \frac{360}{1,69} = \underline{213}$$

$$\text{– Murtojäännitys } R_u = R_{eL} = 220 \text{ N/mm}^2 \text{ (Taulukosta taipuisuusluvun avulla)}$$

Voimasuureiden aiheuttamat jännitykset

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{A} + \frac{M}{I}e = \frac{N}{A} + \frac{M}{W}$$

$$W = \frac{I}{e}$$



Kuva 19. Mitta e = poikkileikkauksen painopisteen ja reunan välinen etäisyys

Sijoittamalla voimasuureiden ja poikkileikkausvakio-
oiden arvot saadaan seuraavat jännitykset.

$$\delta_1 = \frac{76,85}{67,9} + \frac{624}{69,6} = 1,13 + 8,97 = 10,10 \text{ kN/cm}^2$$

$$= \underline{101,0 \text{ N/mm}^2}$$

$$\delta_2 = \frac{68,5}{67,9} + \frac{504}{69,6} = 1,01 + 7,24 = 8,25 \text{ kN/cm}^2$$

$$= \underline{825 \text{ N/mm}^2}$$

Todetaan, että akselikuorman vaikutus on vaarallisempi
kuin akselikuormaryhmän.

Varmuus putken seinän murtumista vastaan

Koska $101,0 < \frac{220}{2}$, täyttää valittu putki seinän murto-
varmuudelle asetetun ehdon, jonka mukaan mitoituskuor-
mista aiheutuva laskennallinen jännitys ei saa ylittää
varmuuskertoimella 2 jaettua murtojännitystä.

Ruuviliitosten varmuus

Lasketaan normaalivoiman ja taivutusmomentin aiheuttamat
jatkoksen ruuvien jännitykset. Normaalivoima aiheuttaa
ruuveihin leikkausta ja taivutusmomentti vetoa.
Ruuvien myötölujuus on 320 N/mm^2 .

- Leikkausjännitys τ

$$T_1 = \frac{N_1}{n} = \frac{76,85}{13} = 5,9 \text{ kN}$$

T_1 = ruuvia kohti tuleva leikkausvoima
 n = ruuvien lukumäärä liitoksessa

Saadaan

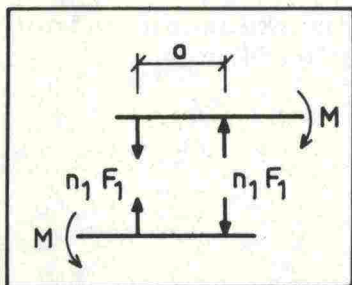
$$\tau_1 = \frac{T_1}{A_p} = \frac{5,9}{2} = 2,95 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \underline{29,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

A_p = ruuvien poikkileikkausala

- Vetojännitys δ

$$F_1 = \frac{M}{n_1 \cdot a} = \frac{6,24 \text{ kNm}}{6 \cdot 0,06 \text{ m}} = 17,3 \text{ kN}$$

F_1 = ruuvia kohti tuleva vetovoima
 n_1 = ruuvien lukumäärä rivissä
 a = ruuvirivien väli



Kuva 20. Taivutusmomentin aiheuttama veto liitosruuveihin.

Saadaan

$$\delta_{v1} = \frac{F_1}{A_p} = \frac{17,3}{2} = 8,7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \underline{87 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

- Resultoiva jännitys δ_r

$$\delta_{r1} = \sqrt{\tau_1^2 + \delta_{v1}^2} = \sqrt{29,5^2 + 87^2} = \underline{92 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$92 < \frac{320}{2,5} = \frac{\text{myötölujuus}}{\text{varmuuskerroin}} = 128, \text{ joten varmuus on riittävä}$$

Esimerkissä on käsitelty monilevyrakennetta. Kaksilevyrakenteessa kiinnitysruuvit ovat yhdessä rivissä seinän pystysuorassa osassa. Leikkausjännitys lasketaan kuten monilevyrakenteessa. Vetojännitys ruuvia kohti lasketaan kokonaisvetovoimasta, joksi oletetaan puolet normaalivoimasta.

Ainevahvuus korroosiota vastaan

Esimerkissä katsotaan ainevahvuuden korroosiota vastaan olevan riittävän. Jos on olemassa korroosiota aiheuttavia tekijöitä (ks. kohta 2.24), varaudutaan niiden varalle tapauksesta riippuen joko lisäsuojauksella tai lisäämällä ainevahvuutta.

Varmuus maapohjan murtumista vastaan

Laskettaessa maapohjan rasitusta, sijoitetaan akseli-kuormaryhmän teli keskeisesti putken keskilinjaan suhteen, jolloin molemmat akselit lisäävät normaalivoimaa.

$$N_3 = \frac{1}{2}(p_m + p_{L3}) = \frac{1}{2}(67 + 2 \cdot 70) = 103,5 \text{ kN}$$

Maapohjassa syntyvä paine

A. Kysymyksessä on pyöreä putki, säde $r_k = 1,8 \text{ m}$

$$p_{k3} = \frac{N_3}{r_k} = \frac{0,1035 \text{ MN/m}}{1,8 \text{ m}} = 0,06 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

B. Kysymyksessä on matalarakenteinen putki, jonka alaturkan kaarevuussäde $r_k \approx 0,92 \text{ m}$.

$$p_{k3} = \frac{N_3}{r_k} = \frac{0,1035 \text{ MN/m}}{0,92 \text{ m}} = 0,113 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

Todetaan jännityksen pysyvän sallitun jännityksen alapuolella kummassakin tapauksessa ($\delta_m \text{ sall} = 0,15 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$).

3.2 PUTKEN VIISTE JA SUUNTAKULMA

Korkeudeltaan 1 200 mm suuremmat putket viistetään yleensä tien luiskan kaltevuuteen. Viiste aloitetaan määräkorkeudesta, joka on kolmasosa putken korkeudesta, tämä vastaa matalarakenteisilla putkilla alanurkkalevyn yläreunan korkeutta. Viistesuhde määrätään kuvan 21. osoittamalla tavalla.

Putken päiden viistämisessä on otettava huomioon putken keskilinjan ja tien keskilinjan välinen suuntakulma. Putki pyritään ensisijaisesti sijoittamaan kohtisuoraan tien alitse. Putki voidaan sijoittaa vinoon tien keskilinjaan nähden, jos:

- Putki asennetaan uomaan, jota ei ole tarkoituksenmukaista siirtää.
- Putki saadaan näin kokonaisuudessaan kantavan pohjamaan varaan.

Suuntakulman suositusarvot ovat 70, 100 ja 130 gon kuvan 22. mukaisesti.

3.3 PITUUS

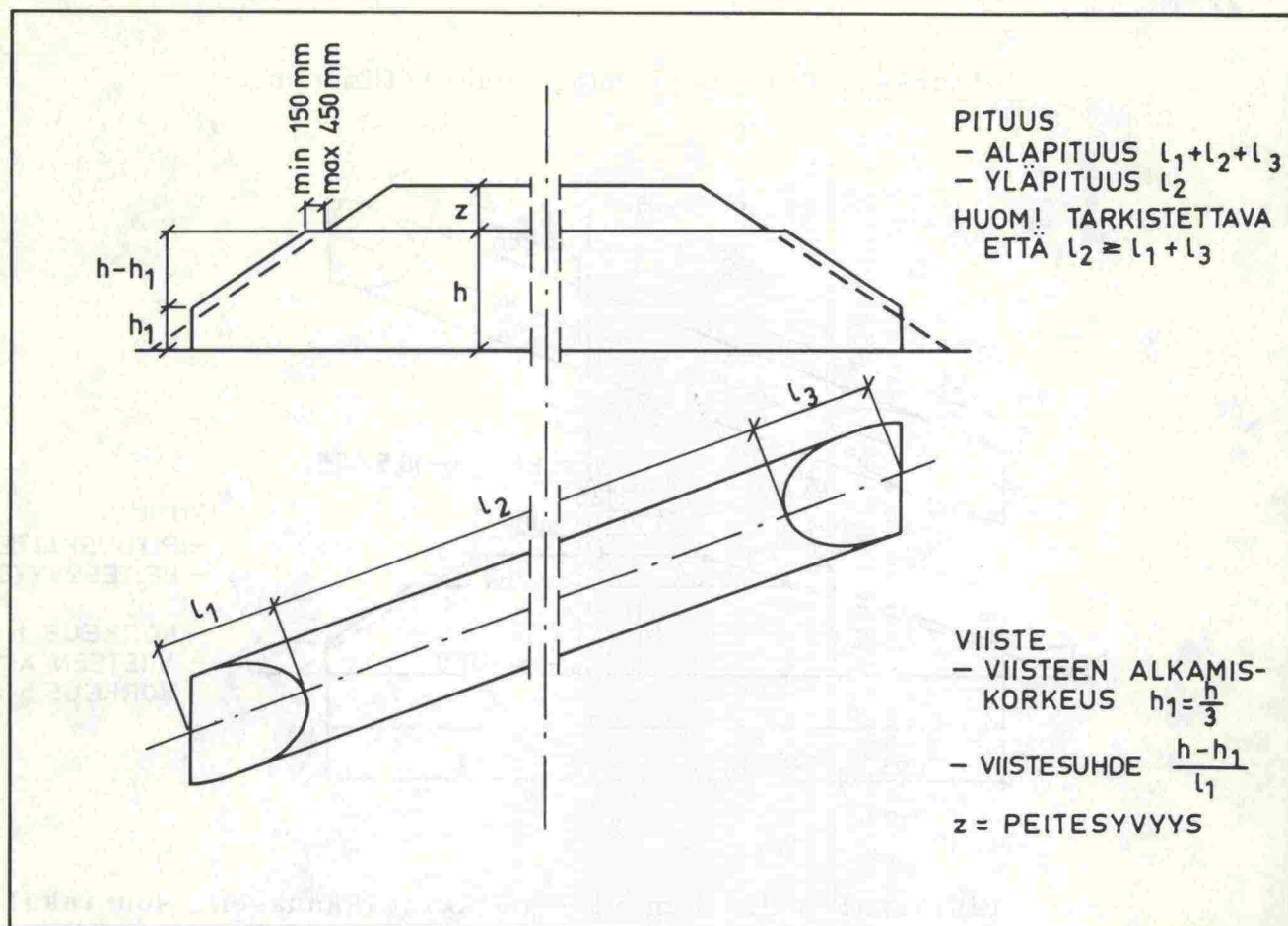
Putken pituudella tarkoitetaan sekä putken laen keskilinjan pituutta eli yläpituutta että putken pohjan keskilinjan pituutta eli alapituutta (kuva 21).

Putken yläpituus määräytyy tien poikkileikkauksen perusteella. Jos putki on viistetty, on putken yläpinnan ulottuva vähintään 150 mm ja enintään 450 mm tien luiskan ulkopuolelle. Tämä johtuu valmistajien erisuuruudesta levyjaosta.

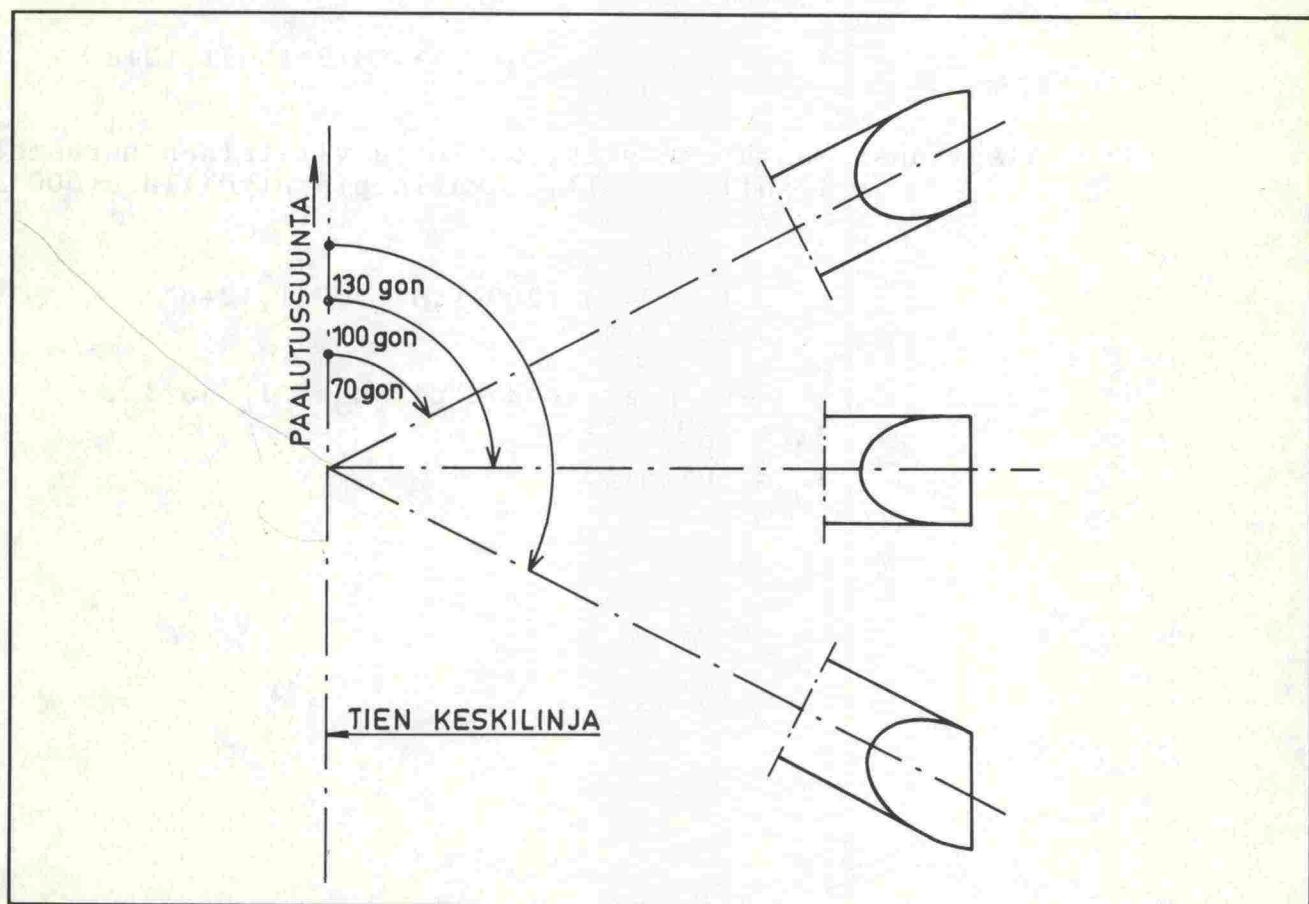
Putken alapituus määritetään viistetyissä putkissa putken kaltevuuden, yläpituuden, viisteen, viisteen alkamiskorkeuden ja suuntakulman perusteella.

Koska sekä ylä- että alapituus sovitetaan tasalevyjaolle, tulee sallittava pidentymä ($a = 600$ mm) ilmoittaa suunnitelmassa kyseisten mittojen yhteydessä.

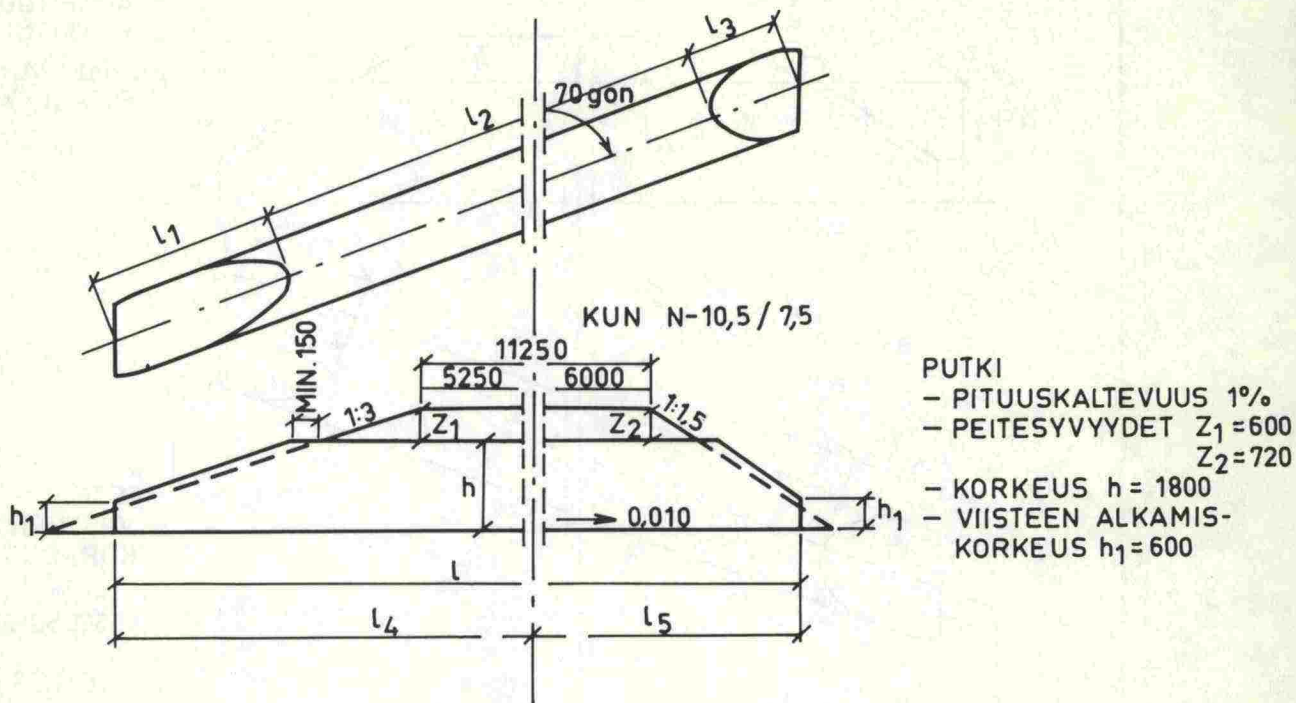
Jos putken pää on suora, määritetään putken pituus yleensä siten, että noin kolmasosa putken korkeudesta jää tien luiskan sisään. Putki voi olla myös lyhyempi, yleensä tällöin joudutaan putken pääte verhoilemaan kivi- tai laattaverhouksella tai rakentamaan tukimuurit. Putken pituus on harkittava myös ulkonäön kannalta sopivaksi.



Kuva 21. Putken pituuden ja viistesuhteen määrittäminen.



Kuva 22. Suuntakulma.

Esimerkki: Putken pituuden määrittäminen.

Yläpituus: Määrätään tien poikkileikkauksen, suuntakulman ja peitesyvyyden perusteella, lisättynä minimiylityksellä 2·150 mm. Lisäksi tulee ilmoittaa sallittava pidentymä $a=600$ mm (ks. kuva 21). Kun suuntakulma on 70 gon on pituuden lisäyskerroin 1,12.

$$l_2 = (11250 + 3 \cdot 600 + 1,5 \cdot 720 + 2 \cdot 150) 1,12 + a$$

$$= 16160 + a$$

Alapituus: Määrätään yläpituuden ja viisteiden perusteella lisättynä sallittavalla pidentymällä $a=600$ mm.

$$l = l_2 + l_1 + l_3$$

$$= 16160 + (3 \cdot 1200 + 1,5 \cdot 1200) 1,12 + a$$

$$= 22210 + a$$

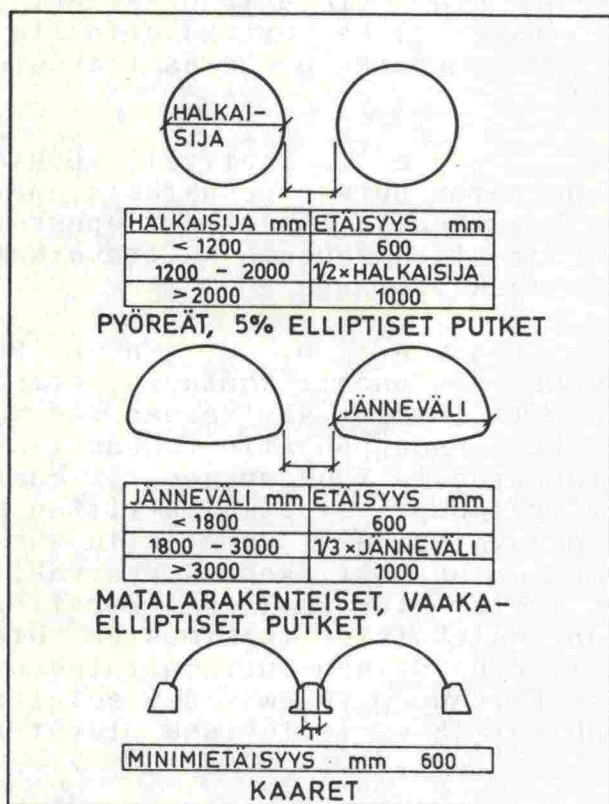
Lisäksi määritetään pituudet l_4 ja l_5 .

$$l_4 = 12095 + \frac{1}{2}a$$

$$l_5 = 10115 + \frac{1}{2}a$$

3.4 VIEREKKÄISET PUTKET

Jos hydraulisen mitoituksen, rajoitetun pengerkorkeuden tai muiden syiden vuoksi käytetään vierekkäisiä putkia, on putkien välisen etäisyyden oltava riittävän suuri asennustyön suorittamisen ja ympärystytön riittävän tiivistämisen kannalta. Vierekkäisten putkien väliset etäisyydet on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Vierekkäiset putket

3.5 PERUSTAMINEN

3.50 YLEISTÄ

Vesistöön teräsputkea sijoitettaessa tulee ottaa huomioon vesien luonnollinen virtaus, kuivatuksen kokonaisjärjestelyt ja alueella vallitsevat perustamisolosuhteet. Alikulkukäytävien sijoituksessa on kiinnitettävä huomiota perustamisolosuhteiden lisäksi alikulkevan tien tarkoituksenmukaiseen sijaintiin liikenteen kannalta ja alikulkukäytävän kuivatus- yms. järjestelyihin.

Paikan valinnalla saattaa olla suuri merkitys rakenteiden kokonaiskustannuksiin, jos perustamisolosuhteet vaihtelevat. Rakenne on pyrittävä sijoittamaan kantavan pohjamaan vaaraan, kohtisuoraan tietä vastaan, mikäli se on kokonaisuuden kannalta edullista. Pehmeikköalueilla on rakenteen perustaminen usein edullisinta tehdä pehmeikön reunaan uoma siirtämällä.

3.51 PERUSTAMISTAVAT

Teräsputkien perustamisessa noudatetaan yleensä jäljempänä olevia ohjeita ja kuvia. Painuvat penkereet, yms. on suunniteltava erikseen ottaen huomioon putken läheisyydessä suoritettavat geoteknilliset toimenpiteet.

P e r u s t a m i s t a v a t A j a B. Rakennuspaikan sijaitessa kantavalla maaperällä perustetaan putki kaivannon pohjalle rakennettavan sora-arinan varaan. Jos pohjamaa on soraa tai hiekkaa, joka täyttää arinalle asetettavat vaatimukset, voidaan putki perustaa tiivistetylle pohjamaalle. (Kuva 24.)

P e r u s t a m i s t a p a C. Routivalle pohjamaalle tai pehmeikölle rakennettavan putken perustamistapa on suunniteltava siten, että putken ja läheisen tiepenkereen välinen painumaero sekä tästä aiheutuva haittavaikutus jäävät mahdollisimman vähäisiksi. (Kuva 25.)

P e r u s t a m i s t a v a t D, E j a F. Perusmaan ollessa niin pehmeää ja huonosti kantavaa, ettei sora-arinan tiivistäminen välittömästi sen varaan ole mahdollista, perustetaan putki kaivannon pohjalle rakennettavaa lavaa käyttäen. Lavan rakenteesta tehdään geo- ja maarakennusteknillisten selvitysten perusteella tarvittaessa erikoispiirustus, muutoin lava voidaan suunnitella kuvan 26 mukaisesti. Jos perusmaa on huonosti koossa pysyvää, joudutaan kaivutyö tekemään tukiseinien suojassa. Ponttien lyöntisyvyys selvitetään geoteknisten tutkimusten yhteydessä, jolloin erityisesti hydraulinen murtuma tulee ottaa huomioon. Lisäksi tulee kaivannon tukemisessa selvittää tarkoin paikalliset olosuhteet ja käytettävissä olevat tukemismenetelmät yms.

Kun matalarakenteisen putken peitesyvyys ylittää 2 m ja alikulkukäytävä-tyyppisen putken 4 m, on putken alanurkkien pohjapaine aina laskettava ja verrattava sitä sallittuun pohjapaineeseen.

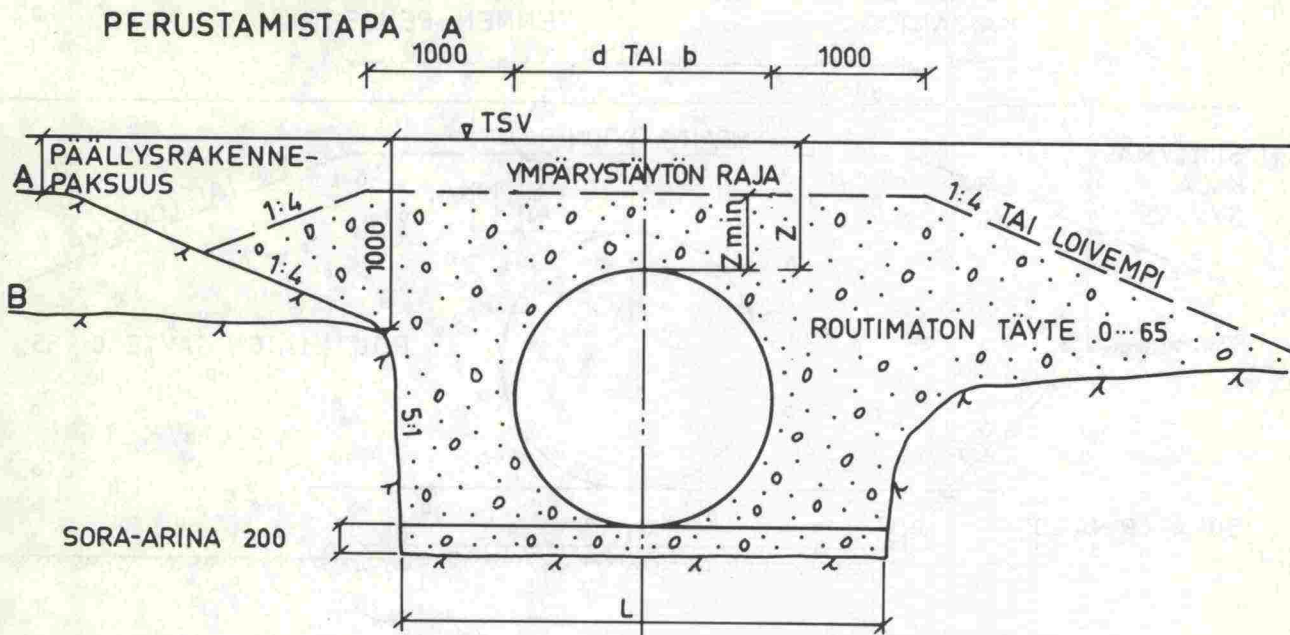
3.52 ARINAT

Arinat tehdään sorasta, jonka tulee olla jakavan kerroksen kiviainesta ja joka ei saa sisältää läpimitaltaan yli 65 mm kiviä. Arina on ulotettava vähintään paksuutensa verran putken päiden ulkopuolelle.

Arinan paksuus on esitetty kutakin perustamistapaa esittävässä kuvassa. Arinan alaosaan tehdään tarvittaessa 100-200 mm paksuinen suodatinkerros tai käytetään suodatinkangasta. Arinaa ei kuivateta myöskään alikulkukäytävän yhteydessä.

PUTKEN PERUSTAMINEN KALLIOLLE

PERUSTAMISTAPA A



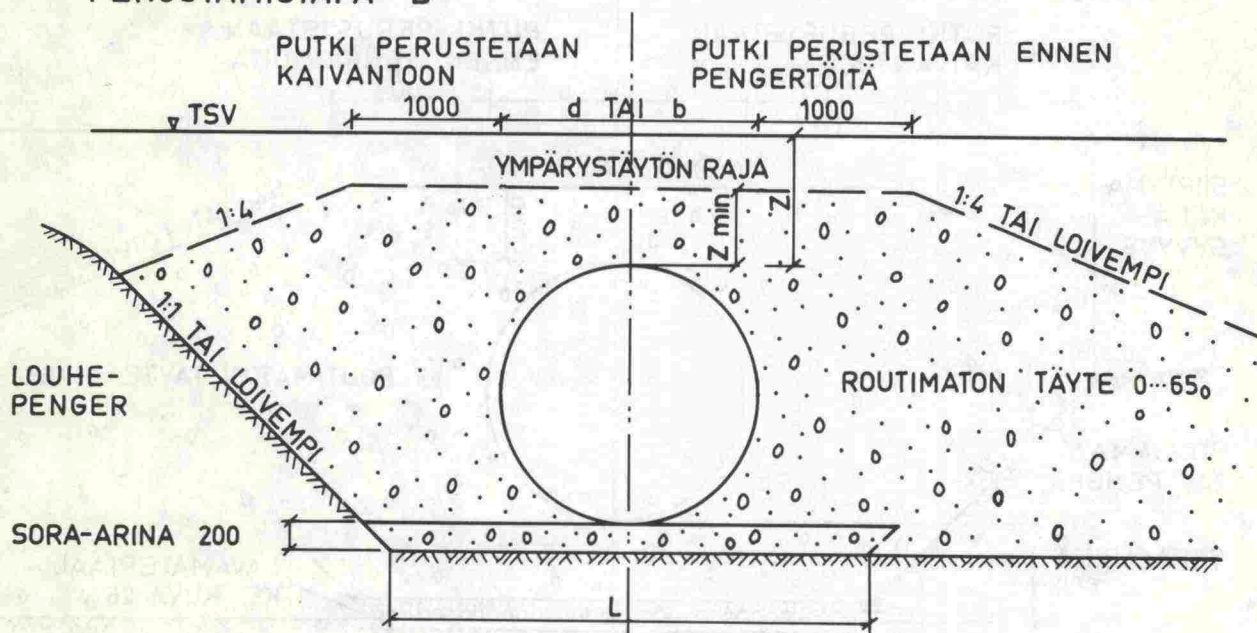
JOS $d(b) < 2000$ ON $L = d + 1000 \text{ mm}$

JOS $d(b) \geq 2000$ ON $L = d + 1500 \text{ mm}$

$Z_{\min} = \text{MINIMIPEITESYVYYS} = 500 \text{ mm}$

PUTKEN PERUSTAMINEN ROUTIMATTOMAN POHJAMAAN TAI PENKEREEN VARAAN

PERUSTAMISTAPA B



JOS $d(b) < 2000$ ON $L = d + 1000 \text{ mm}$

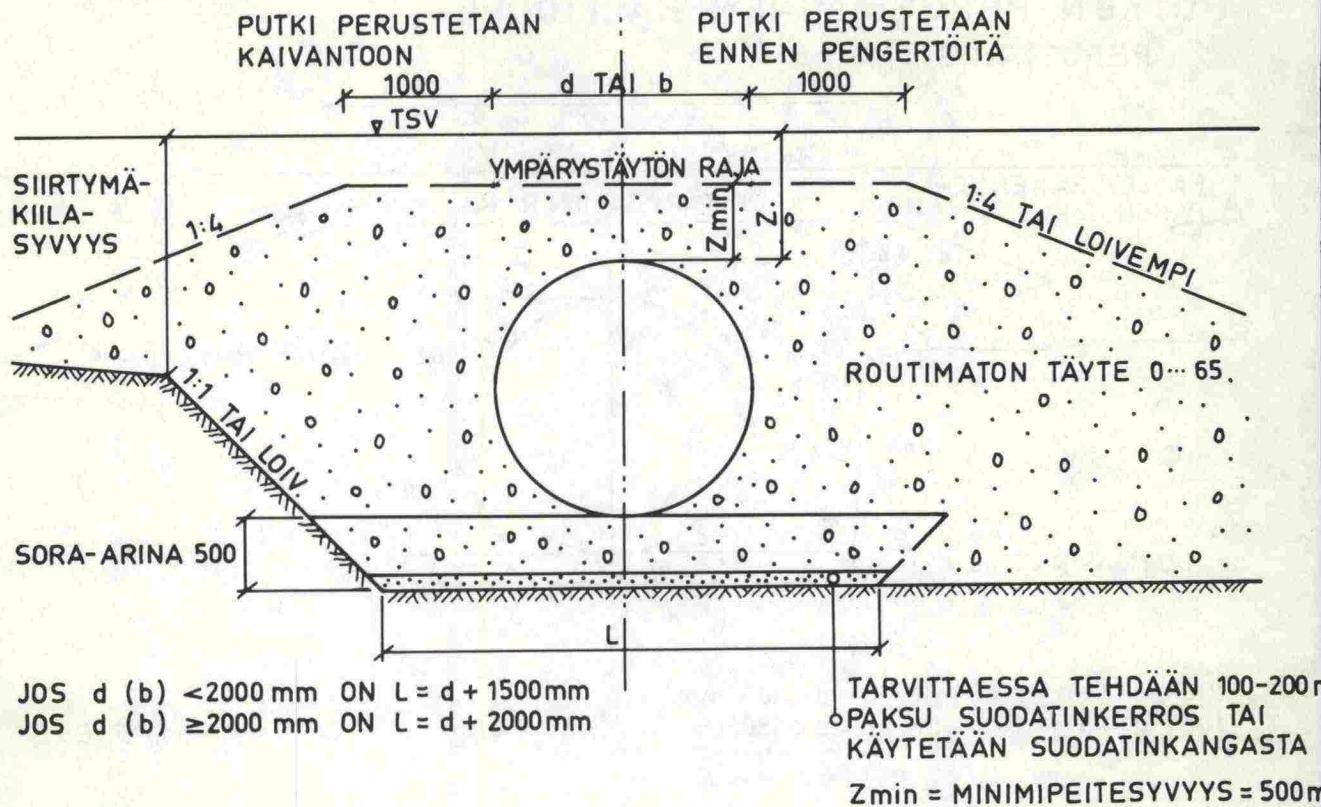
JOS $d(b) \geq 2000$ ON $L = d + 1500 \text{ mm}$

HUOM! JOS POHJAMAÄ TÄYTTÄÄ ARINALLE ASETETUT VAA-TIMUKSET, VOIDAAN PUTKI PERUSTAA TIIVISTETYN POHJAMAÄN VARAAN

$Z_{\min} = \text{MINIMIPEITESYVYYS} = 500 \text{ mm}$

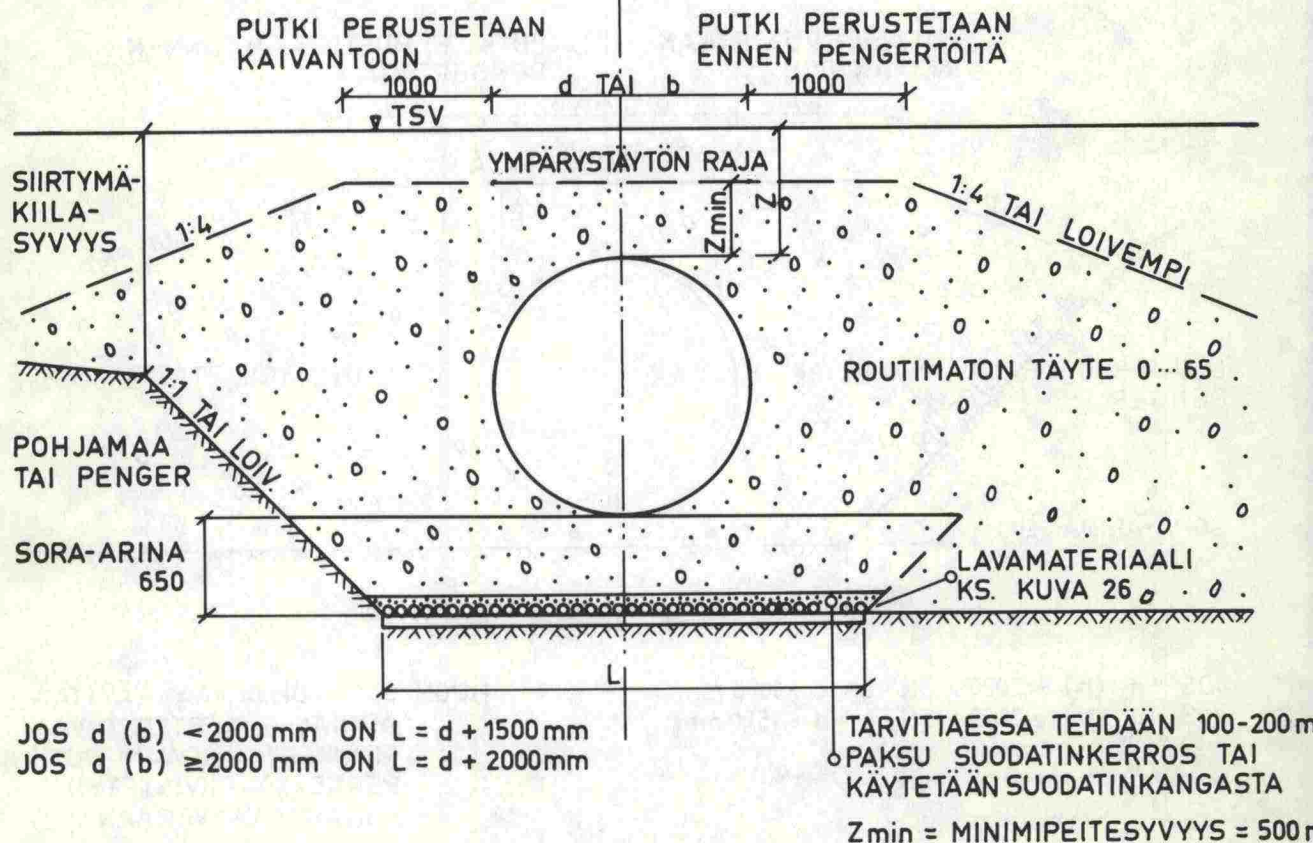
PUTKEN PERUSTAMINEN ROUTIVALLE MAALLE TAI PEHMEIKÖLLE

PERUSTAMISTAPA C



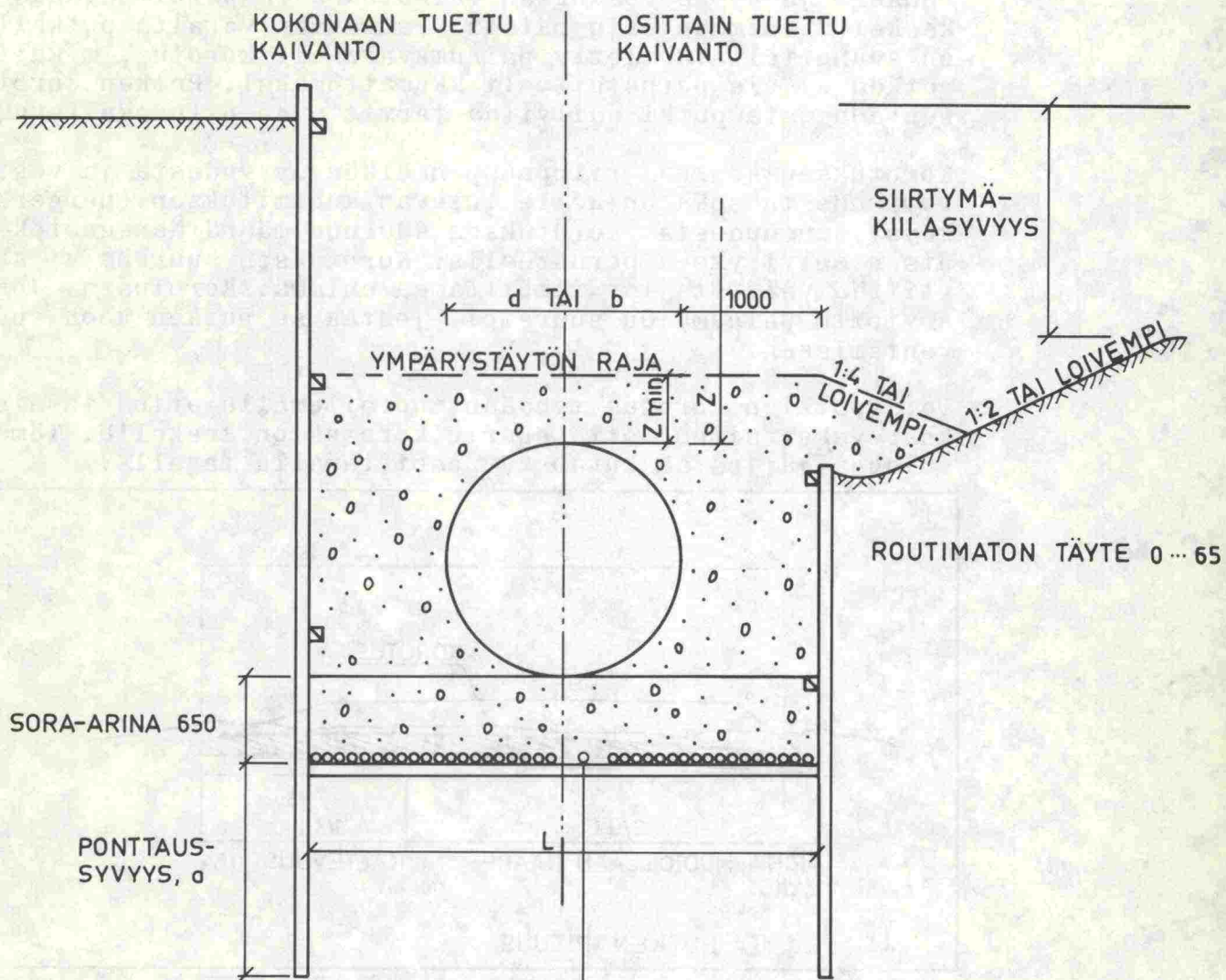
PUTKEN PERUSTAMINEN PEHMEIKÖLLE

PERUSTAMISTAPA D



Kuva 25.

PONTTISEINIEN KÄYTTÄMINEN PUTKIA PERUSTETTAESSA PERUSTAMISTAPA E (EI LAVAA) JA F (LAVA)



JOS $d(b) < 2000 \text{ mm}$ ON $L = d + 2000 \text{ mm}$
 JOS $d(b) \geq 2000 \text{ mm}$ ON $L = d + 3000 \text{ mm}$

PONTTAUSSYVYYS a MÄÄRÄTÄÄN
 SUUNNITELMASSA

TARVITTAESSA LAVA (PERUSTAMISTAPA F).
 MATERIAALI 7,5 cm (LATVALÄPIMITTA) HAVU-
 PUU.

LAVAN ASENNUSPUUT 2 m VÄLEIN KOHTISUO-
 RAAN PUTKEA VASTAAN, LAVAPUUT PUTKEN
 SUUNTAAN VIEREKKÄIN, JATKOKSET ERI KOH-
 TIIN.

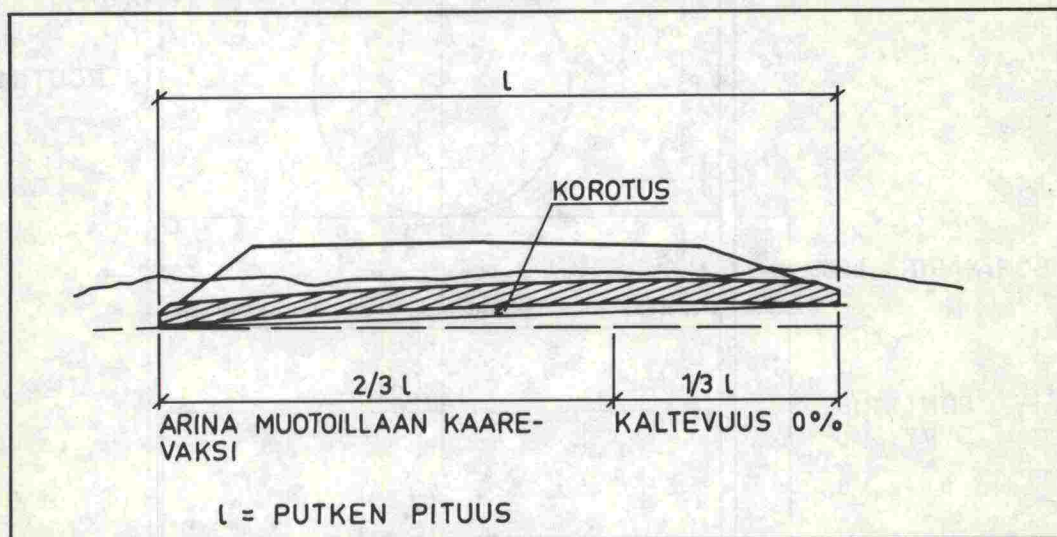
$Z_{min} = \text{MINIMIPEITESYVYYS} = 500 \text{ mm}$

3.53 PUTKEN KOROTUS

Penger- ja ajoneuvokuorman vaikutuksesta putki painuu keskeltä enemmän kuin päistä. Painumien varalta putkelle on suunniteltava tietty painumavara eli korotus, mikäli putkea ei ole perustettu liikkumattomaksi. Putken korotuksen ansiosta putki säilyttää tarvittavan pituuskaltevuuden.

Korotuksen suuruus riippuu pehmeikön syvyydestä ja vesipitoisuudesta sekä putkelle tulevan kuormituksen (pengerkorkeus) suuruudesta. Korotuksen suuruus määrätään geoteknisen selvityksen perusteella. Korotuksen suuruus ei saa ylittää valmistajien ilmoittamaa enimmäiskorotusta. Jos arvioitu painuma on suurempi, johtaa se putken koon suurentamiseen.

Teräsputkien korotus tehdään muotoilemalla arina tasaisen kaarevaksi siten, että suurin korotus on keskellä. Tämä voidaan järjestää kuvan 27. osoittamalla tavalla.



Kuva 27. Putken korotus

3.6 LISÄSUOJAUS

Teräsputki tarvitsee tietyissä olosuhteissa sinkkipinnoitteen lisäksi myös muunlaista suojausta. Lisäsuojaukseen tarvitaan seuraavissa olosuhteissa:

- Veden ja maan laadun tutkimuksen perusteella (ks. kohta 2.24).
- Putken asennus tehdään vedenalaisena työnä ja täyttömateriaalina käytetään murskettä tai murskesoraa.
- Veneily tai muu liikenne aiheuttaa vaurioita.
- Veden virtaus on erikoisen voimakasta, virtausnopeus $> 1 \text{ m/s}$.

Putken suojausmenetelminä tulevat kysymykseen:

- levypaksuuden lisääminen
- epoksisively tai -ruiskutus
- bitumisively
- maalaus
- suodatinkangas tms.
- betoni

Kolme ensiksi mainittua suojausmenetelmää on tarkoitettu pääasiassa kemiallista kulutusta vastaan, kun taas jälkimmäiset antavat suojan mekaanista kulutusta vastaan.

Muiden pinnoitteiden käyttö on harkittava tapaus kerrallaan. Putket voidaan hankkia myös valmiiksi pinnoitettuina.

Voimakkaan korroosion alaisissa olosuhteissa, kun tarvitaan molemmiin puolista suojausta, on epoksipikisively suositeltavin lisäsuojaus. Joissakin lievemmissä tapauksissa voidaan käyttää myös bitumisuojausta.

E p o k s i p i k i s u o j a u s vaatii kaksi käsittelykertaa, ensiksi epoksipikipohjamaalauksen ja tämän päälle epoksipikimaalauksen. Tällaisena yhdistelmänä käytetään epoksipikimaaliyhdistelmää EP 250 (Prosessiteollisuuden Standardisoimiskeskus ry, PSK 1720). Vesistöputken sisäpinnoille voi kysymykseen tulla myös epoksimaaliyhdistelmät E 250 ja E 500 (PSK 1718. ja PSK 1719). Levitys voidaan tehdä joko maalausharjalla tai korkeapaineruiskulla. Minimilämpötila, jolloin työ voidaan tehdä, on noin $+10^{\circ}\text{C}$. Tarkemmat ohjeet, ainemenekki ja vaihtoehtoiset yhdistelmät löytyvät valmistajien tuote-esitteistä.

B i t u m i s i v e l y tehdään kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen käsittelykerta tehdään kylmäbitumilla BIL 105/85, joka toimii tartukkeena. Tämän päälle tehdään varsinainen bitumisuojaus kuumabitumilla BIP 95/35 vähintään yhteen kertaan. Bitumin lämpötilan tulee olla noin 200°C . Sopiva ainemenekki on BIL 105/85 $0,5 \text{ kg/m}^2$ ja BIP 95/35 $1,5 \text{ kg/m}^2$ yhteen kertaan käsiteltynä. Kerrospaksuudet on pyrittävä saamaan mahdollisimman tasaisiksi.

M a a l a u s t a voidaan käyttää alikulkukäytävässä suojaamaan sinkkipinnoitetta naarmuilta yms. ja antamaan alikulkukäytävälle esteettisesti miellyttävämpi ulkonäkö. Maalattava pinta puhdistetaan huolellisesti liuottimella tai lakkabensiinillä, paras tulos saavutetaan kuitenkin emulgoivalla pesuaineella. Puhdistuksen jälkeen pinta huuhdellaan vedellä. Maalaukseen voidaan käyttää alkydimaaleja, jotka on pigmentoitu erikoisilla ruosteenestopigmenteilla tai metallimaalaukseen tarkoitettulla lateksimaalilla. Maalaus tehdään sivellintä, maalausharjaa tai ruiskua käyttäen. Minimilämpötila, jolloin työ voidaan tehdä, on $+5^{\circ}\text{C}$. Riittäisyys on noin $10\text{--}12 \text{ m}^2/\text{l}$. Tarkemmat ohjeet ja vaihtoehtoiset maaliyhdistelmät löytyvät maalitehtaiden tuote-esitteistä.

S u o d a t i n k a n g a s t a tms. suojausta tarvitaan rummun ulkopuoliseen suojaamiseen jos ympäristäytössä joudutaan käyttämään mursketta tai murskesoraa (vrt. veden asennus 4.6). Jos vesi- ja maaolosuhteet edellyttävät bitumi- tai epoksipikisivelyn käyttöä, riittää tämä yleensä suojaamaan myös täyttötyön aikaisia vaurioita vastaan, eikä suodatinkangasta näinollen tarvita.

B e t o n i a voidaan käyttää vesistöputkien pohjalevyjen suojaukseen kulumista vastaa. Betonointi tehdään pohjalle levitetylle metalliverkolle ruiskubetonointina.

3.7 MUUT SUUNNITTELUOHJEET

3.71 SIIRTYMÄKIILA

Siirtymäkiila tehdään putken yhteyteen alusrakenteen routivuus- ja kantavuuserojen tasaamiseksi sekä niistä aiheutuvien epätasaisten routimisnousujen ja painumien aiheuttaman haitan pienentämiseksi (ks. TVH 722300 Teiden suunnittelu kohta IV 3.17 ja TVH 732459 Tienrakennuksen yleinen työselitys, osa 1500). Kevyen liikenteen teillä siirtymäkiilojen tarve harkitaan tapaus tapaukselta.

Pohjamaan kantavuuden, kustannusten yms. perusteella voidaan siirtymäkiila korvata lämpöeristeitä kuten solumuovia tai kevytsoraa käyttäen (ks. TVH 722300 Teiden suunnittelu kohta IV 3.224).

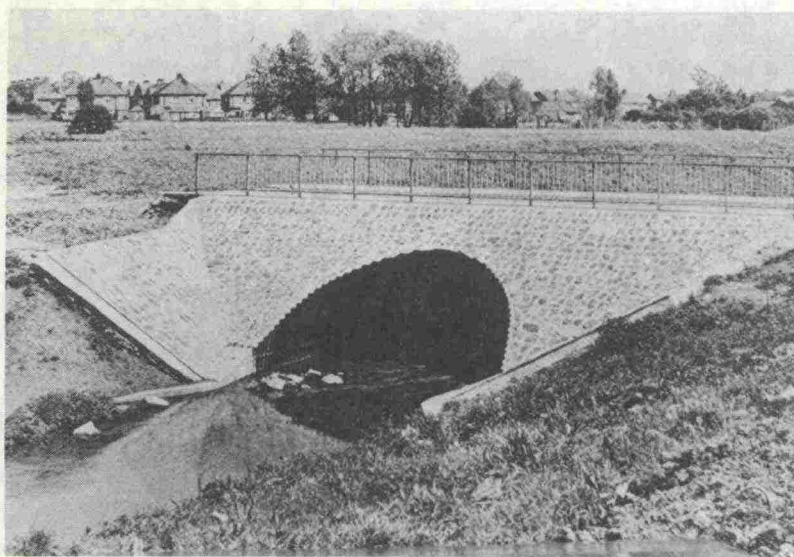
3.72 VERHOUKSET

Jos virtaavan veden, aallokon, jään tai muun kuluttavan voiman aiheuttama eroosio on voimakasta, verhoillaan putken pääte. Verhoilu suojaa rakennetta eroosiolta ja antaa sille tyydyttävän ulkonäön (ks. TVH ~~732461~~ ¹⁸⁰⁰ Tienrakennuksen yleinen työselitys, osa ~~1700~~ ¹⁸⁰⁰). *Vanhentunut*

Pengerluiskat verhoillaan samoin kuin tien luiskat muillakin osin käyttäen tarvittaessa turveverhousta esimerkiksi korkeiden penkereiden kohdalla. Putkien päätteet sensijaan rakennetaan kestävämmiin, jotta eroosio, liikkuminen tms. vaikutukset eivät aiheuta jatkuvia kunnossapitokustannuksia. Tällöin tarvitaan yleensä kiviverhousta. Sora, sepeli tai kiviheitoke tulevat kysymykseen vain sivuojauputkien päätteissä. (Kuvat 28...31.)

Alikulkukäytävien päätteet verhoillaan ulkonäkösyistä turve-, kivi- tai betonielementtiverhouksella. (Kuvat 32, 33.)

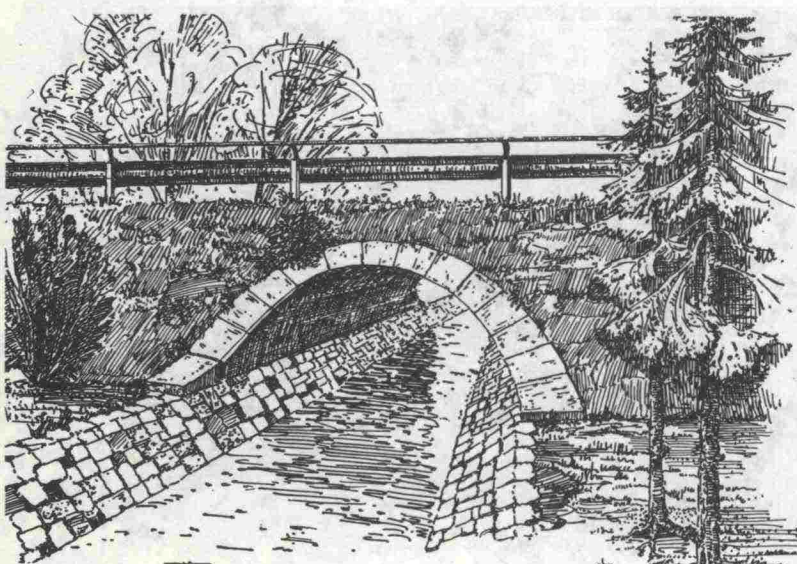
Verhoustapa esitetään suunnitelmassa.



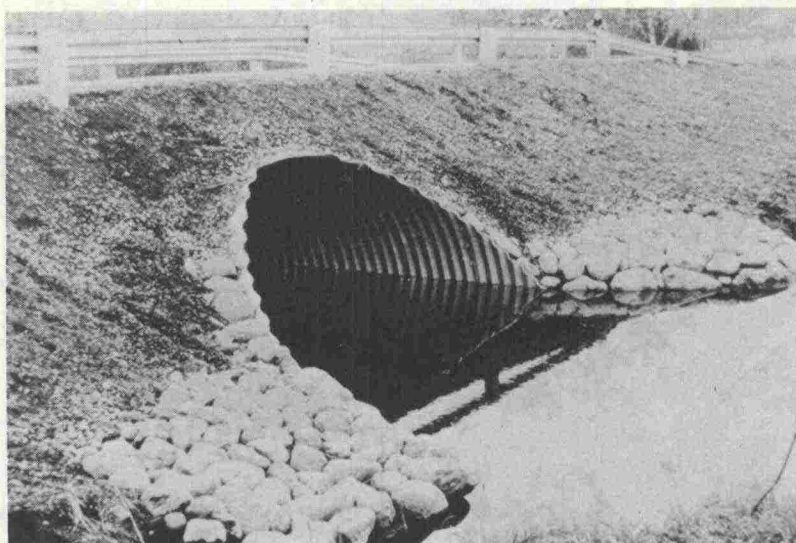
Kuva 28.



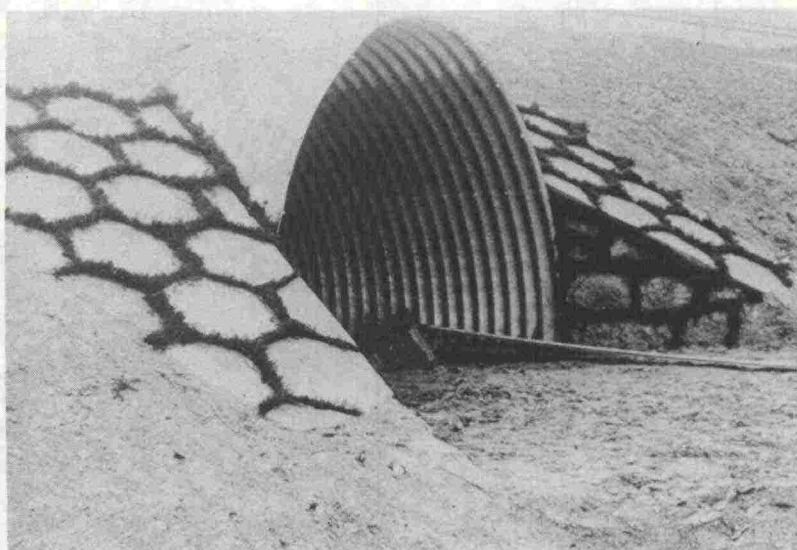
Kuva 29.



Kuva 30.



Kuva 31.



Kuva 32.



Kuva 33.

3.73 TUKIMUURIT

Tukimuureja käytetään putken päätteissä silloin, kun päätte joudutaan tekemään kaltevuudeltaan jyrkemmäksi kuin 1:1. Pienehköissä kohteissa voidaan tulla toimeen palkki-verhouksella (kerroskivirakenne) tai louheladoksella (ks. TVH 732461 Tienrakennuksen yleiset työselitykset, osa 1700).

Vaativimmissa kohteissa tukimuurit tehdään teräsbetonista paikalla valettuna tai elementeistä, erikseen laaditun suunnitelman mukaisesti.

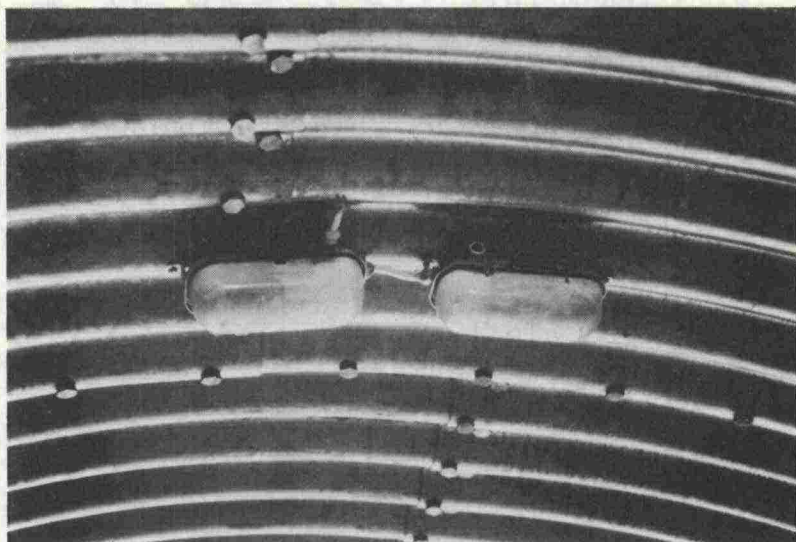
3.74 KUIVATUS

Alikulkukäytävän yhteydessä tulee kiinnittää huomiota pintavesien poisjohtamiseen. Tarvittaessa käytetään pinta-vesikouruja johtamaan vedet alikulkukäytävästä. Arinaa ei kuivateta.

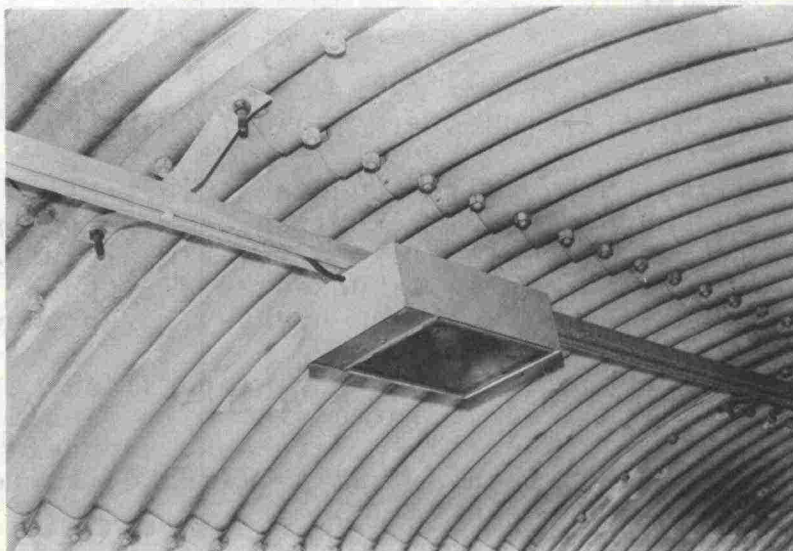
3.75 VALAISTUSLAITTEET JA KIINNIKKEET

Alikulkukäytäviin joudutaan usein kiinnittämään valaisimia ja kaapelikiskoja. Kuvissa 34...37 on esimerkkejä valaistuksen järjestelyistä joissakin alikulkukäytävissä. Valaisimen tulee olla iskunkestävää tyyppiä. Alikulkukäytävien valaistus toteutetaan hyväksyttävän suunnitelman mukaisesti.

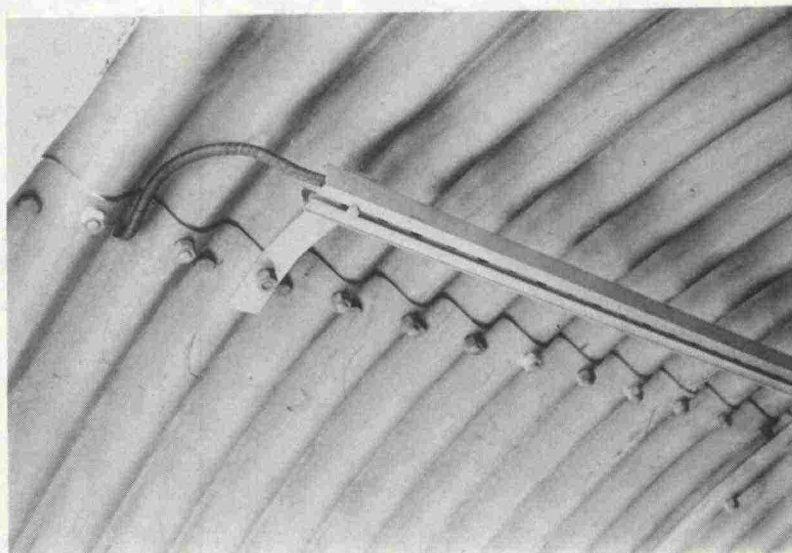
Vetotankoa tarvitaan vesistöputkissa, joista tulee päästä läpi veneillä ja jotka ovat niin pieniä, että vene on vedettävä putken läpi. Vetotanko asennetaan sopivalle korkeudelle putken sivuun esimerkiksi kuvien 38, 39. osoittamalla tavalla.



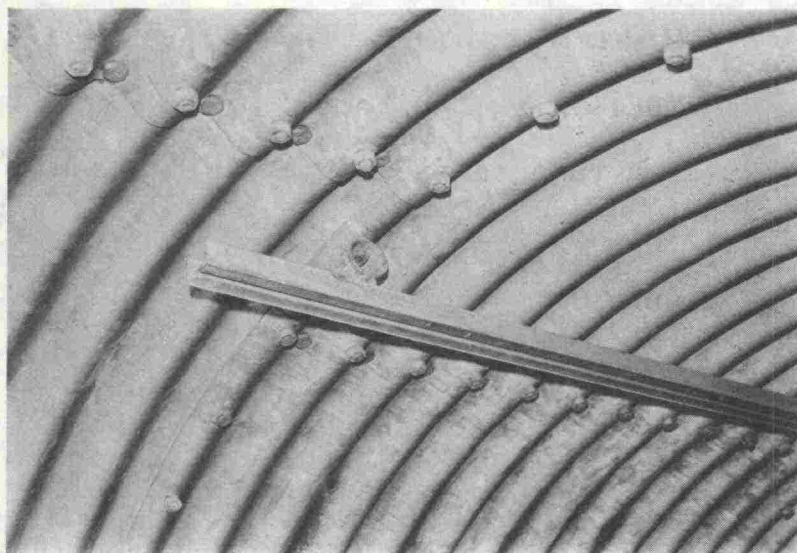
Kuva 34. Valaisimet kiinnitetty ruuveilla aallon sisäpuoliseen harjaan porattuihin reikiin.



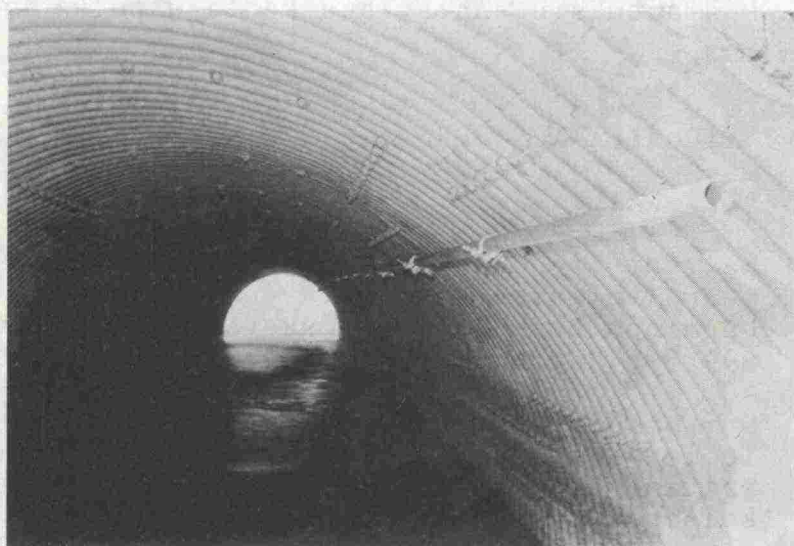
Kuva 35. Valaisimet kiinnitetty valaisinripustinkiskoon. Kiskon kannattimet asennettu putken asennuksen yhteydessä.



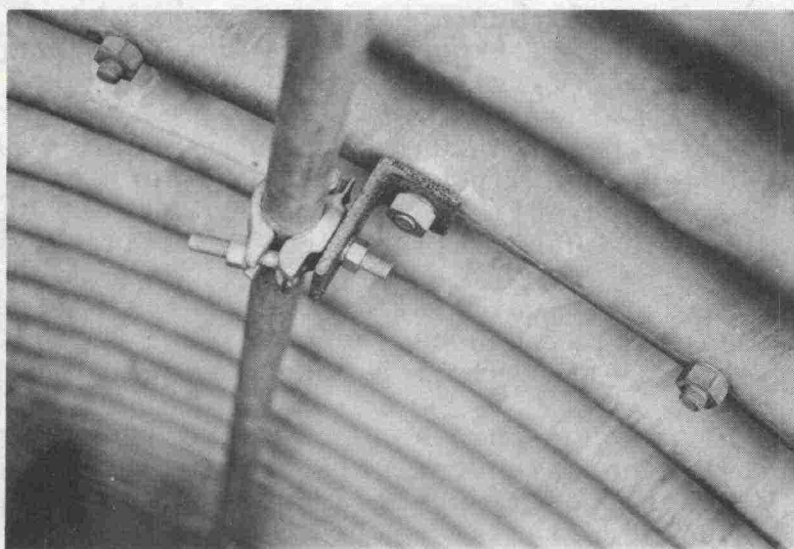
Kuva 36. Kaapeli viedään putken ulkopuolelle ruuvireiän kautta. Kaapeli suojataan putken sisäpuolella kuumasinkityllä putkella.



Kuva 37. Valaisinripustinkisko kiinnitetty putken asennuksen yhteydessä aallon sisäpuolisen harjan ruuveihin sijoitettuihin kannattimiin. Voidaan käyttää myös valaisinripustinkiskon kattokiinnikettä.



Kuva 38. Vetotangon sijoitus määrätään ottamalla huomioon veden korkeusvaihtelut.



Kuva 39. Vetotanko kiinnitetään putken asennuksen yhteydessä aallon sisäpuolisen harjan ruuveihin sijoitettuihin kannattimiin.

4. Rakentaminen

4.0 YLEISTÄ

Putkien rakentamisessa ja uusimisessa on seuraavat työvaiheet:

- kaivannon teko
- arinan teko
- asennus
- ympäristäytö ja viimeistely

Putken kokoamisessa on kolme tapaa:

- putki toimitetaan työmaalle valmiiksi koottuna
- putki kootaan kaivannossa
- putki kootaan kaivannon ulkopuolella

Kokoamistavan valinta riippuu käytettävästä putkityypistä, rakennuspaikan olosuhteista, työn kiireellisyydestä ja käytettävissä olevasta nosturikalustosta. Putken kokoaminen on yleensä helpointa suorittaa kaivannon ulkopuolella. Jos putken nostoon sopivaa nosturikalustoa ei ole kohtuullisin kustannuksin saatavissa kootaan putki kaivannossa.

4.1 KAIVANNON TEKÖ

4.11 KAIVU

Kaivanto tehdään kuvien 24...26 mukaisesti, ellei rakennussuunnitelmassa ole muuta osoitettu. Lisäksi on otettava huomioon työsuojelua koskevat ohjeet (Työturvallisuuslaki 299/58, Rakennustyön järjestysohje 274/69).

Kaivutyön yhteydessä on varottava olemassa olevia kaapeleita ja johtoja. Lähestyttäessä suunnitelman mukaista kaivannon pohjaa, on kaivutyö tehtävä varsinkin hienojakoisissa maalajissa varovasti, jotta ei häiritä perustusten alle jäävää pohjamaata ja jotta pohjamaan pinta saadaan mahdollisimman tasaiseksi. Kaivannon pohjatasoa ei tule kaivaa suunnitelman mukaista tasoa syvemmälle.

Valmiin kaivannon pinnassa olevat kivet tulee poistaa, jos ne voivat liikkua ja vaurioittaa putkea tai haitata ympäristäytön tiivistämistä.

Mikäli putki joudutaan perustamaan syvälle tai, jos olosuhteet muutoin ovat epäedulliset, on kaivanto tuettava. Jotta hydraulista murtumaa ei pääse tapahtumaan on pontit lyötävä suunnitelman edellyttämään syvyyteen.

Kaivumassojen läjittäminen on tehtävä riittävän kantavalle maalle. Kaivannon viereen ei saa läjittää kaivumassoja siten, että luiskien vakavuus vaarantuu.

Kaivannon teon aikana on tarkkailtava, pitävätkö suunnitelman perustana olleet pohjatutkimustiedot paikkansa. Eri-tyisesti on tarkkailtava, että maapohjan laatu ja kantavuus perustamistasolla vastaavat suunnitelmassa esitetyjä tietoja. Havaituista eroista tulee ilmoittaa suunnit-

telijalle, jotta mahdolliset perustamis- ja kaivannon tukemistavan muutokset voidaan tehdä riittävän ajoissa.

4.12 KAIVANNON KUIVANAPITO

Yleensä putken perustus pyritään rakentamaan kuivatyönä. Kun putki rakennetaan vesiuomaan, on veden virtaus kaivantoon estettävä. Jos virtaama on pienekkö, riittää, että uoma padotaan maapadolla tai ponttiseinällä. Tarvittaessa vesi on kuitenkin ohjattava riittävän kauas rakennuspai-kasta sivu-uomaan. Kaivantoihin noussut vesi poistetaan pumppaamalla. Herkästi häiriintyvien maalajien ollessa kysymyksessä veden poisto järjestetään myös kaivannon ulkopuolelle tehdyistä pumppukuopista. Tällaisissa tapauksissa voidaan kaivannon kuivanapito järjestää parhaiten pohjavedenpintaa alentamalla. Pohjavedenpinnan alentamisen jälkeen voidaan kaivu- ym. työt suorittaa ilman vesivaikeuksia.

4.2 ARINAT

Arinat tehdään eri perustamisratkaisuihin kuvien 24...26 mukaisesti. Arinan materiaalin rakeisuusohjealue on esitetty kuvassa 40.

Arina on tiivistettävätehokkaasti tärylevyllä tai sileävalssijyrällä enintään 200...300 mm kerroksina. Arinan ylimmän 200...300 mm kerroksen on teillä, joilla käytetään päällysrakenteita 1...6 täytettävä keskimäärin 90 % tiiviysvaatimus (parannettu Proctor-menetelmä). Tiiviysmäärityksiä tehdään vähintään kaksi arinan ylimmästä kerroksesta. Yleensä tiiviys saavutetaan tärylevyllä (TL 00, TL 02) jyräyskertamäärällä 4 ja sileävalssijyrällä (UTM 00) jyräyskertamäärällä 4-6. Liikajyräystä tulee välttää, koska siitä usein on seurauksena rakennekerrosten löytyminen uudelleen.

Arinan yläpinta muotoillaan putkelle määrätyn korotuksen mukaiseksi. Arina voidaan muotoilla myös putken pohjan muotoiseksi. Erityisesti matalarakenteista putkea käytettäessä arinan muotoilu helpottaa putken ympärystäytön tiivistämistä.

Lämpöeristetty arina tehdään suunnitelman edellyttämällä tavalla. Lämpöeristelevyjen asennuksessa on erityistä huomiota kiinnitettävä levyjen limitykseen.

4.21 SUODATINRAKENTEET

Routivan pohjamaan varaan rakennettavan arinan alaosaan on tehtävä suodatinkerros tai vaihtoehtoisesti käytettävä suodatinkangasta. Suodatinkerros rakennetaan suodatinhie-kasta (ks. TVH 732460 Tienrakennuksen yleinen työselitys, osa 1600). Suodatinkangasta käytetään, kun hiekan käyttö

ei ole taloudellista tai pohjan pehmeiden vuoksi hiekka-suodattimen rakentaminen ei ole mahdollista. Jos putki kootaan kaivannossa, on työn kannalta miellyttävämpää käyttää suodatinkangasta.

4.22 ARINAN TUKIRAKENTEET

Lavat rakennetaan perustamistapoja D ja F esittävien kuvien 25 ja 26 tai suunnitelman mukaisesti. Lavapuiden jatkaminen tulee suorittaa niin, etteivät vierekkäisten puiden jatkokset satu samalle kohdalle.

4.3 ASENNUS

4.31 ASENNUSOHJEET

Ennen varsinaisen asennustyön aloittamista on kiinnitettävä huomiota työpaikkajärjestelyihin. Kaikki tarvikkeet, levyt, ruuvit ja työkalut yms., on lajiteltava erikseen siten, että erityyppiset osat löytyvät helposti.

Levyrakenteiden kokoaminen voidaan tehdä puisella asennusalustalla. Asennusalustan tulee olla suora ja tasainen eikä se saa liikkua työn aikana. Jos putki on koottu kaivannossa, poistetaan asennusalusta ennen ympärystäytystä. Mitään pysyviä asennustelineitä tai tukia ei saa jäädä putkeen tai putken ulkopuolelle.

Putki kootaan valmistajan ohjeiden mukaan. Ruuvit asennetaan vesistöputkissa siten, että ruuvin kanta tulee aallon pohjaan ja mutteri harjalle. Alikulkukäytävässä sen sijaan tulee ruuvit asentaa sisäpuolelta käsin pohjatäytön yläpuolisella putken osuudella. Ruuvit kiristetään valmistajan ohjeen mukaisessa järjestyksessä. Ruuvien kiristämisessä käytetään paineilmalla toimivaa mutterinkiristäjää. Sopiva kireys saavutetaan vähintään 300 Nm vääntömomentilla.

Kierresaumaputket voidaan poikkeuksellisesti jatkaa hyväksyttävää jatkostyyppiä käyttäen valmistajan ohjeen mukaisesti.

4.32 NOSTOTAPA

Kaivannon ulkopuolella koottu putki nostetaan kaivantoon nosturilla. Nostamisessa käytetään nostoliinoja, köysiä tai vaijereita. Vaijereita käytettäessä on putki suojattava vaijereiden kohdalta säkein tms. pehmikkein. Nostamisessa on myös muutoin noudatettava ertyistä varovaisuutta. Sopivat nostopisteet ovat neljännespisteet.

Jos putki on koottu kaivannossa, nostetaan putkea sen verran, että asennusalusta voidaan purkaa. Nostamiseen voidaan käyttää tunkkeja, traktoria yms., koska putkea ei

tarvitse nostaa kokonaisuudessaan ylös. Nostamisessa on varottava vaurioittamasta sinkitystä.

Putki asetetaan huolellisesti paikalleen sora-arinalle ja tuetaan oikeaan asentoonsa. Ruuvien kireys tarkistetaan noston jälkeen ja tarvittaessa suoritetaan jälkikiristäminen.

Asennustyön yhteydessä mahdollisesti vaurioitunut levyjen sinkitys on korjattava heti sopivalla tavalla (ks. kohta 6.31.).

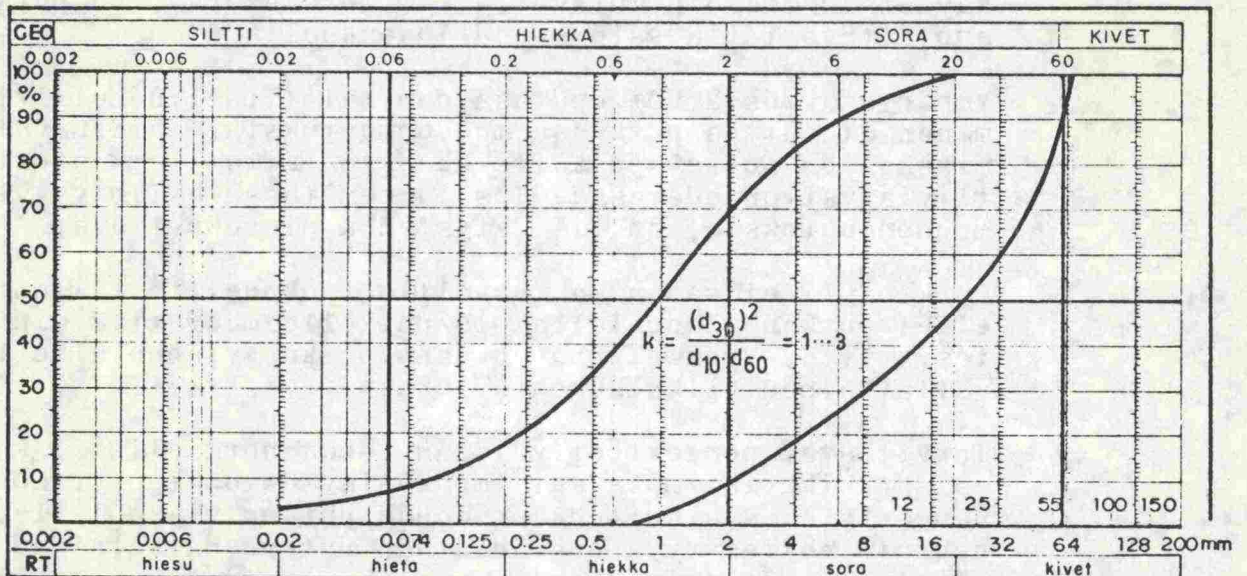
4.4 TÄYTTÖ

4.40 YLEISTÄ

Teräspankin kestävyys perustuu putken ja ympäröivän maan yhteisvaikutukseen. Sntähden on täyttömateriaalin valintaan sekä täyttö- ja tiivistystyön huolelliseen suoritamiseen kiinnitettävä erityistä huomiota. Ennen ympärystäytön aloittamista on tarkistettava, että putki on oikeassa asennossa. Ympärystäytön alussa putki voidaan tarvittaessa tukea paikoilleen.

4.41 TÄYTTÖMATERIAALI

Ympärystäyttö tehdään sorasta, joka täyttää jakavan kerroksen laatuvaatimukset eikä se saa sisältää läpimitaltaan 65 mm suurempia kiviä. Täyttöön käytettävä mntaeriali ei saa olla jäässä eikä se saa sisältää lunta tai jäätä. Murskattua kiviainesta käytetään vain erikoistapauksissa (ks. kohta 4.63).



Kuva 40. Ympärystäytön rakeisuus-ohjealue.

4.42 YMPÄRYSTÄYTTÖ JA TIIVISTÄMINEN

Ympärystäyttö aloitetaan sullomalla molemmilta puolilta samanaikaisesti soraa putken alle. Veden virtaus putken alle ja siitä johtuva täyttömateriaalin poishuuhtoutuminen on estettävä esimerkiksi savisulun avulla. Putken alustan täyttö on tiivistettävä huolellisesti käsi- tai konejuntalla. Matalarakenteisen putken alustan täyttö on tiivistettävä erityisen huolellisesti. On kuitenkin varottava tiivistämisestä liikaa, koska tällöin putki saattaa nousta ylös arinalta.

Varsinainen ympärystäyttö tehdään 200...300 mm vaakasuorina kerroksina samanaikaisesti putken molemmilla puolilla. Täyttömateriaalia ei saa tyhjentää auton lavalta suoraan putken ympärille. Jokainen kerros on tiivistettävä huolellisesti koko kaivannon ympärystäytön leveydeltä kuvien 41, 42 mukaisesti. Tiivistyskoneina käytetään tärylevyä tai sileävalssijyrää, esimerkiksi TL 00, TL 02 tai JTM 00. Tiiviysvaatimus on 90 % (parannettu Proctor-menetelmä). Tämä saavutetaan tärylevyä käyttäen neljällä (4) jyräyskerralla ja sileävalssijyrällä neljästä kuuteen (4-6) jyräyskerralla. Tiiviysmäärittämiä tehdään vähintään kaksi ajorataa kohden korkeussuunnassa yhden metrin välein. Täyttömateriaalin tiivistyminen voidaan määritellä kokein myös etukäteen. Kevyen liikenteen teillä, maatalous- ja yksityistieliittymissä ei tiiviysmäärittämiä yleensä tarvitse tehdä.

Ympärystäyttöä jatketaan kunnes minimipeitesyvyys (=500 mm) on saavutettu. Tiivistäminen tapahtuu putken yläpuolisella osuudella vasta kun peitesyvyys ylittää 300 mm. Jos ympärystäyttö on osa päällysrakennetta, tehdään ympärystäyttö valmiiksi ja tiivistetään. Tämän jälkeen höylätään ylimääräinen ympärystäyttö pois, jos se ei täytä päällysrakenteelle asetettuja vaatimuksia. Jos putken ympärystäyttöön käytetään tällöin mursketta tai murskesoraa, on putki suojattava tältä osin suodatinkankaalla.

Ympärystäytössä voi epätasainen tai liiallinen tiivistäminen aiheuttaa putkessa muodonmuutoksia. Näiden välttämiseksi on putken poikkileikkauksen mitat tarkistettava tiivistystyön edetessä. Jos jännemitassa esiintyy yli 2 % muodonmuutoksia, on tiivistystehoa pienennettävä.

Putken yli ei saa ajaa raskailla työkoneilla tai autoilla, ellei putken yläpuolella ole putkelle määrättyä minimipeitesyvyyttä. Työn aikana voidaan putken yläpuolelle tehdä väliaikainen ylikulkukohta sorasta.

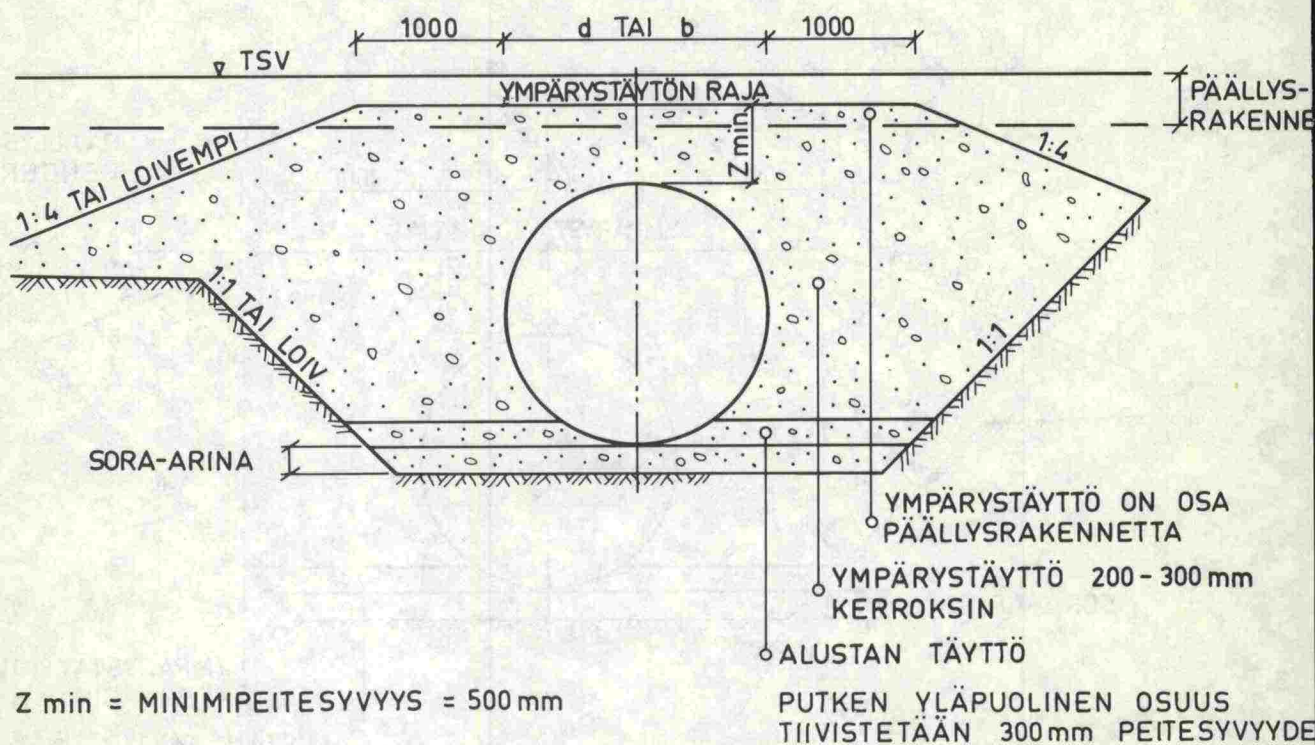
Tarvittavat pengertyöt voidaan tehdä normaalisti, kun esimerkikuvien mukaiset ympärystäytöt on tehty. Louhepengertä ei saa kuitenkaan tehdä putken yläpuolelle, ennenkuin peitesyvyys on vähintään putken halkaisijan tai jännevälän paksuinen.



Kuva 41.

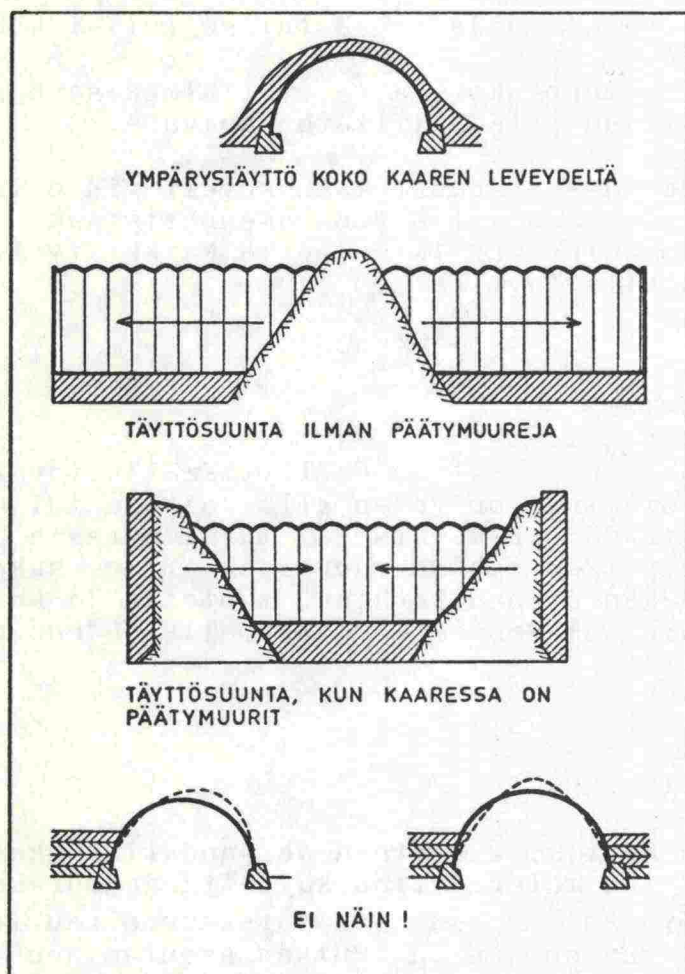
YMPÄRYSTÄYTTÖ

B. YMPÄRYSTÄYTTÖ ON OSA PÄÄLLYSRAKENNETTA



Kuva 42.

Kaaret peitetään aluksi noin 300 mm paksuisella ympärystäytöllä, joka tiivistetään varovasti juntalla. Ympärystäyttö aloitetaan kaaren keskikohdalta kaaren päiden suuntaan, jos kaaren päissä ei ole päätymuureja. Jos käytetään päätymuureja, aloitetaan ympärystäyttö molemmista päätymuureista samanaikaisesti kohti kaaren keskiosaa (ks. kuva 43).



Kuva 43. Kaaren ympärystäyttö.

4.5 MUUT RAKENTAMISOHJEET

Siirtymäkiilat rakennetaan Teiden suunnittelun ohjeiden mukaisesti (ks. TVH 722300, kohta IV 3.17).

Verhoukset ja tukimuurit tehdään suunnitelman mukaisesta materiaalista. Erityistä huomiota on kiinnitettävä verhousten ja tukimuurien perustamiseen (ks. TVH 732461 Tienrakennuksen yleinen työselitys, osa 1700).

4.6 ASENNUS VETEEN

4.60 YLEISTÄ

Veteen asennus voi tulla kysymykseen vain poikkeuksellisesti mm. seuraavista syistä:

- Veden virtaus on voimakasta, eikä patoamista voida tehdä.
- Uoman siirtoa ei voida tehdä tai se tulisi kohtuuttoman kalliiksi.
- Pohjamaa on hienojakoista tai vettäläpäisevää ja kaivantoa ei voida pitää riittävän kuivana.

Veteen asennettaessa noudatetaan soveltuvin osin samoja ohjeita kuin kuivaan kaivantoon asennettaessa. Tarvittaessa sukeltajan tulee varmistaa, että kaikki työt tulevat tehdyksi oikealla tavalla.

4.61 PERUSTAMINEN

Arinat tehdään suunnitelman edellyttämällä tavalla. Koska arinan tiivistäminen on veden alla vaikeaa tai mahdotonta tulee arina tehdä murskeesta tai murskesorasta ja pyrkiä muotoilemaan putken pohjan muotoiseksi. Jos sukeltajaa ei käytetä, voidaan arinan korkeus, muotoilu ja korotus tarkistaa esimerkiksi veneestä mittaamalla vedenpinnan ja arinan korkeuserot.

4.62 PUTKEN ASENNUS

Kun putki on koottu, suojataan se suodatinkankaalla arinan ja ympärystäytön materiaalina käytettävän murskeen tai murskesoran vuoksi. Murske tai murskesora vaurioittavat sinkitystä ilman suojausta. Putken asentaminen oikealle paikalleen on tehtävä huolellisesti ja on tarkistettava, ettei virtaava vesi ole päässyt kuluttamaan arinaa.

4.63 TÄYTTÖ

Ympärystäyttömateriaalina käytetään mursketta tai murskesoraa, jonka maksimi raekoko on 65 mm.

Ympärystäyttö ja tiivistäminen tehdään samanaikaisesti putken molemmilta puolilta 200...300 mm kerroksin. Vedenalainen tiivistys tehdään mahdollisuuksien mukaan tärysauvalla. Veden yläpuoliset kerrokset tiivistetään huolellisesti tärylevyä tai sileävalssijyrää käyttäen kohdan 4.42 mukaisesti.

4.7 TALVIRAKENTAMINEN

Putkikaivanto on ennen täyttööä puhdistettava huolellisesti lumesta ja jäästä. Mikäli kaivanto on tehty routivaan maahan, on myös varmistuttava, etteivät kaivannon pohja, seinämä ja siirtymäkiila ole jäässä. Työn aikana on sopivalla suojaustoimenpiteellä estettävä kaivanto jäätymästä tai työ on tehtävä niin nopeasti, ettei jäätymistä ehdi tapahtua. Routaantuneet maat korvataan putkikaivannon täyttöön käytettävällä kiviaineksella, joka tiivistetään huolellisesti. Tiiviysvaatimus ympärystäytölle on sama kuin edellä kohdassa 4.42.

Täyttöön käytettävä maa-aines ei saa olla jäässä, eikä se saa sisältää lunta tai jäätä.

5. Rakenteiden hankinta ja valvonta

5.1 RAKENTEIDEN HANKINTAMENETTELY

Piirin tilaus tehdään lomaketta TVH 721008 käyttäen, jonka jokainen kohta täytetään. Jos putki poikkeaa vakiokoktaulukoiden (ks. kohta 2.3) putkityypeistä tulee tilauksessa ilmoittaa minkä valmistajan taulukoita on mitoitusta tehtäessä käytetty.

Teräsputkien hankinnassa noudatetaan TVH:n hankintatöimiston ja piirin kesken erikseen sovittua menettelytapaa.

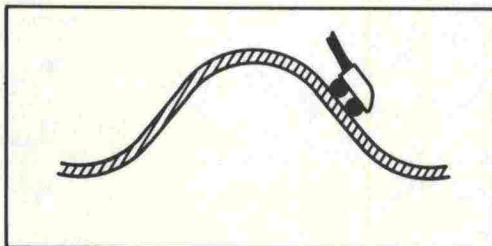
Mikäli valmistaja poikkeuksellisesti tarjoaa tilauslomakkeessa esitetystä putkesta eroavaa putkea tulee putken käyttökelpoisuus varmistaa työmaan yhdyshenkilöltä.

Tilauslomakkeessa mainitulle yhdyshenkilölle lähetetään jäljennös tilauksesta.

5.2 KULJETUS JA VASTAANOTTO

Kuljetuksen sekä varastoinnin aikana on rakenneosat tuettava ja suojattava siten, ettei niihin aiheudu haitallisia muodonmuutoksia ja ettei sinkkipinnoite vaurioidu.

Rakenteiden vastaanoton yhteydessä tulee toimituserä tarkastaa. Samoin tulee varmistaa suomenkielisten kokoamisohjeiden mukana olo. Mikäli vaurioita tai puutteita esiintyy, tästä on ilmoitettava välittömästi TVH:n hankintatöimistöön. Ennen kokoamista tehdään sinkkipinnoitteen paksuusmittaukset kestomagneettiin perustuvalla mittarilla. Mikäli tarkempi mittaus on tarpeen, se suoritetaan sähkömagneettista pinnoitemittaria käyttäen. Mittauskohta on ennen mittausta puhdistettava liasta yms. Tavallisesti samasta mittauspisteestä otetaan kolme lukemaa, joiden keskiarvo on mittauspisteen arvo. Mittauksessa saadaan luotettavin tulos sijoittamalla anturi aallotuksen suoralle osuudelle kuvan 44. mukaisesti.



Kuva 44. Mittausanturi sijoitetaan aallotuksen suoralle osuudelle.

Mittauksessa noudatetaan muutoin standardia SFS 2768.

Mittauspisteet merkitään sopivalla maalilla myöhemmin mahdollisesti suoritettavia tarkistusmittauksia varten.

Kierresaumattuihin rakenteisiin käytetyn kuumasinkityn ohutlevyteräksen sinkkipinnoitteen paksuusmittauksista on sovittu erikseen valmistajan ja TVH:n välillä. Ne

tehdään standardin SFS 651 mukaisesti ja tulokset lähetetään toimituksen yhteydessä työmaalle.

Pienet naarmut tms. korjataan välittömästi kohdan 6.31 mukaisesti.

5.3 LAADUNVALVONTA

Rakenteiden käyttö edellyttää TVH:n tyyppihyväksynnän. Valmistajan on tarvittaessa osoitettava aineistodistuksen tuotteiden käyttökelpoisuus. Lisäksi tehdään tilaajan toimesta ja kustannuksella pistokokeina TVH:n hankintatöiden osoittamista toimituksista seuraavat määritykset:

- teräksen laatu
- ruuvien ja muttereiden lujuus
- sinkityksen paksuus

Asennus- ja rakennustyön laadunvalvonnassa noudatetaan, mitä edellä näissä ohjeissa ja tienrakennustöiden laadunvalvontaohjeissa on sanottu.

5.4 TIETOJEN REKISTERÖINTI

Rakentaja täyttää rakennetusta putkesta teräsputken ominaistietokortin (TVH 721009) piirin rekisteriin. Silloiksi luettavista putkista ($d \geq 2$ m) tulevat tiedot myös silta-rekisteriin. Ominaistietokorttiin kootaan rakenne- yms. tietojen lisäksi kuntotarkastusten tulokset.

Hämeen

piiri

Piirin tilaus

PUTKEN SIJAINTI

No 123/Pvh-6

1 Rakennushankkeen nimi ja no Pt 14247 parantaminen Hakosalmen sillan kohdalla, 8346		
2 Tien nimi ja no Tunkelon pt 14247	3 Tieosan no 01	4 Pl:llä 2+00
5 Kunta Längelmäki		6 Km:lla
7 Sillan/rummun nimi Hakosalmen silta		
8 <input checked="" type="checkbox"/> vesistöputki <input type="checkbox"/> alikulkukäytävä <input type="checkbox"/> muu		

MUOTO JA RAKENNE

9 <input type="checkbox"/> pyöreä <input type="checkbox"/> ellipsi <input checked="" type="checkbox"/> matala rak. <input type="checkbox"/> alikulku	
<input type="checkbox"/> vaaka-ellipsi <input type="checkbox"/> kaari 10 Minimipinta-ala 5,9 m ²	
11 Rakenne <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E 1 <input type="checkbox"/> E 2	
12 Vaihtoehtoinen rakenne	
13 Rakenteen minimilevypaksuus 4,7	
14 Sinkitysvaatimus <input checked="" type="checkbox"/> kohdan 2.42 mukainen	
Lisäsuojaus <input type="checkbox"/>	

MITAT

15 Halkaisija/leveys x korkeus (sisämitta) 3410x2170 + 87 (sallittu lisäys) korkeus	
16 <input type="checkbox"/> suora <input checked="" type="checkbox"/> viistetty	17 Viistesuhde 1:1,5
18 Viisteen alkaniskorkeus 700	
19 Suuntakulma <input type="checkbox"/> 70 gon <input type="checkbox"/> 100 gon <input type="checkbox"/> 130 gon <input checked="" type="checkbox"/> muu 85 gon	
20 Alapituus 15200 + 600 (sallittu lisäys)	21 Yläpituus 10700 + 600 (sallittu lisäys)
22 Peitesyvyys ajoradan pinnasta min 620 max 720	23 Putken kaltevuus 1 %

ERIKOISTA (Lisäsuojaus, kaksoisputki, poikkeaminen vakiokoosta viitaten valmistajan taulukkoon yms.)

Lisäksi noudatetaan julkaisua TVH 722501 Aallotetut teräspanket

TOIMITUSTA KOSKEVAT TIEDOT

Maksunomentti tai varastotili 8346/01/33301	
Toivottu toimitusaika 6.3.1978	Toimitustapa autokuljetus
Toimitusosoite Tunkelon pt. 14247, Hakosalmen silta	
Postiosoite TVL, 34450 Jäminkipohja	
Työmaan yhdyshenkilö Rkm. K. Tietävä	Puhelin 939/27199
Postiosoite TVL, 34450 Jäminkipohja	

Lomakkeen täytti
T. TekeväLomakkeen tarkasti
K. Tietävä

TÄYTTÖOHJEITA

Lomakkeen kohdat MUOTO JA RAKENNE sekä MITAT täytetään noudattaen julkaisua TVH 722501 Aallotetut teräspuutket.

kohta

- | | |
|----------------|--|
| 9 | - katso 2.11 |
| 10 | - ilmoitetaan vaadittu minimipinta-ala (m^2) |
| 11 | - katso 2.31
ilmoitetaan kaikki kysymykseen tulevat rakenteet |
| 12 | - ilmoitetaan mahdolliset vaihtoehtoiset rakenteet
(jokin muu kuin kohdassa 11 mainittu) |
| 13 | - ilmoitetaan kaikkien kysymykseen tulevien rakenteiden
levypaksuudet. Levypaksuuden tulee sisältää olosuhde-
tekijät |
| 14 | - jos putki ei täytä sinkitysvaativuusta, on lisättävä
levypaksuutta kohdan 2.42 mukaan, mikä tulee ilmoit-
taa tarjouksessa. Lisäsuojauksesta ilmoitettava tar-
jouksessa erikseen |
| 16, 17, 18, 19 | - katso 3.2 |
| 20,21 | - katso 3.3 |

TILAUSTA KOSKEVIA YLEISIÄ OHJEITA

Toimituksen yhteydessä tulee vastaanottajalle toimittaa suomenkielinen asennusohje.

Hämeen

-piiri

Sillan/runnun nimi Kalaojan silta		Twinusnumero 218	
Tien nimi ja no Lahden-Hollolan mt 316			
Tieosan no 03		Km:llä (pl:lla) 12+35	
Kunta Hollola			
Putken valmistaja/maahantuoja SG/M			
<input checked="" type="checkbox"/> vesistö		<input type="checkbox"/> alikulku	<input type="checkbox"/> muu, mikä
Alikulkeva vesistö, tie Kalaoja		Rakennusvuosi 1970	
Suunnitelman nimi Kalaojan rumpu, Lahden-Hollolan mt, pl:lla 1235, Hollola		Kiintopiste h = 83,36 12+26 vas.28,30 m	
Piirustusten numerot R7/1 ja 2			

RAKENNE

<input checked="" type="checkbox"/> monilevy	<input type="checkbox"/> kaksilevy	<input type="checkbox"/> kierrehitsattu	<input type="checkbox"/> kierresaumattu
<input type="checkbox"/> muu, mikä		Aallotus 150x50	

MUOTO

<input type="checkbox"/> pyöreä	<input type="checkbox"/> ellipsi	<input checked="" type="checkbox"/> matala	<input type="checkbox"/> kaksoisputki
<input type="checkbox"/> alikulku	<input type="checkbox"/> vaaka-ellipsi	<input type="checkbox"/> kaari	
<input type="checkbox"/> muu, mikä			

MITAT

Halkaisija/leveys x korkeus 3610x2235	Levypaksuus 4,7	Sinkitys 60 μ m
Pituus- ja poikkileikkaustiedot (piirretään)	Suuntakulma 83 gon	

$A = 6,3 \text{ m}^2$

MAA- JA VESITUTKIMUS

	Maa	Vesi		Maa	Vesi
pH-luku		4,8	LI-indeksi		0,2
Kloridit Cl^-		32 mg/l	Sulfaatit SO_4^{2-}		109 mg/l

SILTÄ/RUMPUPAIKKA

Pohjamaa ja perustamistapa LjSa	D	Ympäristäytön Proctor-tiivistyksien ka. 89,6 % / 6 kpl
Päätyvahvistus Kiviverhous		Uoman verhous -

Suojaustoimenpide	Painorajoitus	Työnaikaiset vauriot
Suunnitelman vahvistus-/hyväksymispvm 5.5.1969 / 30.9.1968		Valaistus, vetotangot yms.

	Lausunnon pvm	Numero
Vesipiiri		
Uittoyhdistys	9.1.1966	2844 Kalajoen silta
Vesioikeus		

5.6.1970 Rkm. Tekevä, vastaanottotarkastus, tark. -74
2.8.1974 Tm Tutkiva, Perustus painunut, tark. -80

[illegible][illegible]

6. Kunnossapito

6.0 YLEISTÄ

Vesistöputkien kunnossapidon tarkoituksena on pitää putket sellaisessa kunnossa, että pintavedet virtaavat esteettömästi putken läpi. Alikulkukäytävän kunnossapidon tarkoituksena on pitää tie liikennöitävässä kunnossa. Putki vaatii usein enemmän huoltoa kuin muut tien rakenteet. Kunto- tarkastukset luovat edellytykset oikea-aikaisille kunnossapito- ja korjaustoimenpiteille.

6.1 KUNTOTARKASTUKSET

6.11 TARKASTUSMENETTELY

Silloiksi luettavien putkien ($d \geq 2$ m) tarkastukset suoritetaan ja tarkastusselostukset laaditaan kuten silloilla yleensä. Rumpujen (< 2 m) tarkastukset suoritetaan tiemestaripiirin toimesta. Tiemestaripiirin tarkastukset jaetaan määräajoin pidettäviin tarkastuksiin sekä tarpeen vaatiessa tapahtuvaan tarkkailuun. Määräaikaaisia tarkastuksia on pyrittävä tekemään keväisin umpeenjäätynneiden putkien selvittämiseksi. Kevättulvien jälkeen ja syksyisin on putket pyrittävä tarkastamaan ja puhdistamaan roskista ja lietteestä.

Kuntotarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin:

- liettyminen ja roskaisuus
- umpeenjäätyminen
- putkimateriaalivauriot: painumat, repeämät, korroosio- suojauksen kunto, syöpymät, naarmut, hankautumat yms.
- perustamisvauriot
painumat, sivuttaisliikkeet, kallistumat, yms.
- verhouksien ja tukimuurien kunto
- alikulkukäytävän kuivatuksen toimivuus
- alikulkukäytävän valaistuksen kunto

Kuntotarkastuksesta tulee tehdä merkintä teräsputkien ominaistietokorttiin (TVH 721009).

6.12 MITTAUKSET

Teräsputken korroosio voi olla tietyissä olosuhteissa erityisen voimakasta. Jos tällaista havaitaan kuntotarkastuksen yhteydessä, on syytä suorittaa uusintatutkimus mahdollisesti muuttuneiden maa- ja vesiolosuhteiden selvittämiseksi. Esimerkiksi teollisuuden jätevedet voivat nopeasti syövyttää putken. Maa- ja vesinäytteet tutkitaan kuten edellä kohdassa 2.23 on esitetty.

Sinkityksen paksuus mitataan kohdan 5.2 mukaisesti.

6.2 KUNNOSSAPITOTOIMET

6.21 LIETTEEN POISTO JA PUTKEN SULATUS

Tavallisimmat putkien kunnossapitotoimet tarkastusten jälkeen ovat niiden puhdistaminen liettyneestä maa-aineksesta sekä jäätyneiden putkien sulattaminen alkukeväällä.

Lietteen poistossa saadaan paras tulos vesisuihkulla ja harjalla.

6.22 KUIVATUS

Alikulkukäytävän käytön kannalta on välttämätöntä huolehtia sen kuivatuksesta. Käytävän pohjalla ei saa seisoa vettä. Tämän vuoksi on tärkeätä, että alikulkukäytävän kunnossapitovastuu on yksiselitteisesti määrätty myös yksityisteiden osalta. Kuivatuksen toimivuus on yleensä riittävä, jos huolehditaan alikulkevan tien kunnossapidosta. Tällaisia toimenpiteitä ovat mm. seuraavat:

- Alikulkevan tien sivuojat pidetään avoinna.
- Jäätyneet tai tukkeutuneet sadevesikaivot avataan. Myös sadevesijärjestelmän toimivuus pitää tarkastaa määräjain.
- Alikulkevan tien aurauksessa, harjauksessa tms. ei jätetä "kynnystä" alikulun suulle.
- Painumat ja kohoumat tasoitetaan, ts. pituus- ja sivukaltevuudet pidetään kuivatuksen edellyttämässä kunnossa.

6.23 MUITA TOIMENPITEITÄ

Kasvillisuuden poisto tapahtuu samoja menetelmiä käyttäen kuin lietteen poisto. Putkien päätteet tulee puhdistaa kasvillisuudesta, joka voi kerätä lietettä tai roskaa ja hidastaa veden virtausta sekä rikkoa päätteet.

Verhousien ja tukimuurien vauriot voivat aiheuttaa eroosiota tien luiskassa, tukkia uoman tai olla vaaraksi alikulkevalle liikenteelle. Verhousien ja tukimuurien kuntoa tulee tarkkailla säännöllisesti ja niiden vauriot tulee korjata välittömästi.

6.3 KORJAUSOHJEET

6.31 SINKITYKSEN KORJAUS

6.311 Pinnan puhdistus

Vaurioituneet sinkkipinnat tulee puhdistaa huolellisesti ennen korjausta. Puhdistukseen käytetään vaurioalueen pinta-alasta ja syöpymisasteesta riippuen:

- hiekkapuhallusta
- kemiallista tai biologista ruosteenpoistajaa

H i e k k a p u h a l l u s t a käytetään tavallisimmin silloin kun sinkitys korjataan ruiskusinkityksellä. Yleensä menetelmä on taloudellinen kun vaurioalue on suurehko ja sopiva kalusto on saatavilla.

K e m i a l l i n e n j a b i o l o g i n e n ruosteenpoistomenetelmä soveltuu pinta-alaltaan pienehköjen vaurioiden puhdistukseen. Ennen ruosteenpoistajan levitystä vaurioituneelle pinnalle, puhdistetaan vauriokohta teräs-harjalla irtonaisesta ruosteesta ja liasta. Kemiallinen ruosteenpoistaja levitetään joko siveltimellä tai ruiskulla. Käsittely uusitaan noin tunnin välein, kunnes pinta on väriltään musta tai harmaa. Kuivunut pinta maalataan joko akryylilateksilla tai epoksimaalilla. Biologisen ruosteenpoistajan levityksen jälkeen annetaan sen vaikuttaa noin 12...24 tunnin ajan, jonka jälkeen pinta pestään huolellisesti vedellä ja annetaan kuivua. Sen jälkeen se maalataan esimerkiksi sinkkipöly- tai epoksimaalilla.

6.312 Pinnan korjaus

Sinkitys voidaan korjata seuraavia menetelmiä käyttäen:

- ruiskusinkitys
- spray-sinkitys
- maalaus
- korjauspuikot

R u i s k u s i n k i t y k s e l l ä saadaan tulos, joka vastaa lähes alkuperäistä korroosionkestävyyttä. Ruiskusinkitystä käytetään hiekkapuhaltamalla puhdistetulle pinnalle. Välittömästi ruiskituksen jälkeen suoritetaan kalvopakisuuden mittaaminen. Jos ohuita kohtia löytyy, tehdään lisäruiskutus. Ruiskusinkitty pinta käsitellään heti sinkityksen jälkeen kertaalleen vinyyli- tai epoksilakalla pinnan tiivistämiseksi.

S p r a y - s i n k i t y s on nopea ja tehokas tapa pienten vaurioiden korjauksessa. Spray-sinkitystä voidaan käyttää hiekkapuhalletulle tai biologisella ruosteenpoistajalla puhdistetulle pinnalle. Sinkkikerros on pyrittävä tekemään tasapaksuksi ja yleensä vähän paksummaksi kuin alkuperäinen sinkkikerros. Spray-sinkitty pinta on kirkas, joten se voidaan tarvittaessa maalata esimerkiksi sopivan sävyisellä alkydimaalilla.

M a a l a u s t a käytetään kaikenlaisten sinkitysvaurioiden korjauksessa, Vaurioalue tulee yleensä puhdistaa jollakin eo. kohdassa esitetyllä tavalla. Maaleina tulee käyttää kulloinkin sopivaa maalia. Kemiallisella ruosteenpoistajalla puhdistetun pinnan maalaukseen ei saa käyttää sinkkirikkaita maaleja, jotka muissa tapauksissa ovat käyttökelpoisin korjausmenetelmä. Maalaus tehdään joko siveltimellä, yleensä kahteen kertaan, tai ruiskumaalauksena. Värien yhteensopivuutta kirkkaan sinkkipinnan kanssa voidaan parantaa maalaamalla päällimmäinen kerros alumiinirikkaalla maalilla.

K o r j a u s p u i k o t ovat sinkki-kadmium- ja sinkki-tina-lyijy-seoksia. Korjattava pinta puhdistetaan huolellisesti, kuumennetaan kaasuliekillä n. 320°C:een. Tämän jälkeen hangataan pintaan juote, joka sulaa ja levittäytyy pinnalle. Korjauspuikkojen käyttö on hankalampaa kuin maalien, mutta päälysteen korroosionkestävyys on samaa luokkaa kuin kuumasinkityn levyn. Puikkojen sisältämiä kadmiumia ja lyijyä pidetään kuitenkin vaarallisina, eikä puikkojen käyttöä sen tähden erityisemmin suositella.

6.32 PUTKEN UUSINTA

Rumpujen ($d < 2$ m) uusiminen suoritetaan kunnossapitotoimenpiteinä. Putki joudutaan toisinaan uusimaan rakenteen kunnan heikkenemisen vuoksi. Jos putken kunto on erittäin huono, voidaan se tukea väliaikaisesti sopivilla tuilla.

Putken uusiminen on suunniteltava huolellisesti. On tutkittava, mitkä syyt ovat aiheuttaneet kunnan heikkenemisen ja tehtävä tarpeelliset rakennemuutokset tai suojaustoimenpiteet. Jos perustuksessa on tapahtunut huomattavia painumia, on perustamistapaa tarvittaessa muutettava. Lisäsuojaustarpeen selvittämiseksi otetaan vesinäytteet uomasta.

Kuivatusolosuhteissa tapahtuneet muutokset tarkistetaan ennen putken uusimista. Suuremmista vesistöputkista hankitaan vesipiirin lausunto.

Putki voidaan uusia myös siten, että uusi, poikkileikkaukseltaan hieman pienempi putki työnnetään vanhan putken sisään. Putkilevyjen välinen tila täytetään mahdollisuuksien mukaan, esim. betonilla. Menetelmän onnistuminen edellyttää, että vanha putki ei ole painunut tai käyristynyt kovin pahasti. Vesiaukon tulee täyttää vesipiirin vaatimukset.